



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE  
UNA MÁQUINA ENVASADORA Y DOSIFICADORA DE  
REFRESCOS PARA LA INDUSTRIA DE LÁCTEOS  
SANTILLÁN “PRASOL” ”**

**SANI CENTENO ALICIA DEL ROCIO  
TOAPANTA CARRASCO JAVIER ALEXANDER**

**TESIS DE GRADO**

**Previa a la obtención del Título de:  
INGENIERO MECÁNICO**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2015**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2014-07-10

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**SANI CENTENO ALICIA DEL ROCIO**

---

Titulada:

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA  
ENVASADORA Y DOSIFICADORA DE REFRESCOS PARA LA INDUSTRIA  
DE LÁCTEOS SANTILLÁN “PRASOL””**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Marco Santillán Gallegos.

DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

---

Ing. Miguel Aquino A.

DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Elvis Arguello.

ASESOR DE TESIS

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** SANI CENTENO ALICIA DEL ROCIO

**TÍTULO DE LA TESIS:** “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA ENVASADORA Y DOSIFICADORA DE REFRESCOS PARA LA INDUSTRIA DE LÁCTEOS SANTILLÁN “PRASOL””

**Fecha de Examinación:** 2015-07-09

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán G. PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Miguel Aquino A. DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Elvis Arguello. ASESOR			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Marco Santillán G.  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2014-07-10

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**TOAPANTA CARRASCO JAVIER ALEXANDER**

---

Titulada:

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA  
ENVASADORA Y DOSIFICADORA DE REFRESCOS PARA LA INDUSTRIA  
DE LÁCTEOS SANTILLÁN “PRASOL””**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Marco Santillán Gallegos

DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

---

Ing. Miguel Aquino A.

DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Elvis Arguello.

ASESOR DE TESIS

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** TOAPANTA CARRASCO JAVIER ALEXANDER

**TÍTULO DE LA TESIS:** “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA ENVASADORA Y DOSIFICADORA DE REFRESCOS PARA LA INDUSTRIA DE LÁCTEOS SANTILLÁN “PRASOL””

**Fecha de Examinación:** 2015-07-09

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán G. PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Miguel Aquino A. DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Elvis Arguello. ASESOR			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

\_\_\_\_\_  
Ing. Marco Santillán G.  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación técnica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teórico-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Politécnica de Chimborazo.

---

Alicia del Rocio Sani Centeno

---

Javier Alexander Toapanta Carrasco

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de tesis principalmente a DIOS, quién supo guiarme en el camino y darme fuerzas para salir de los problemas y seguir adelante.

A mis padres: Walter y Filomena por ser un pilar fundamental en mi vida, por su incondicional apoyo y paciencia durante todo el transcurso de esta etapa de mi vida.

A mis hermanas: Mercy, Erika y Livia por estar siempre presentes, acompañándome y brindando su cariño.

**Alicia del Rocio Sani Centeno**

Con la bendición de DIOS deseo dedicar todos los logros que he alcanzado en mi vida a mi querida madre Bertha Mercedes Carrasco Montero, quien con su abnegado ejemplo me ha sabido guiar por el camino del bien y del éxito siendo un pilar fundamental en la elaboración de este trabajo.

**Javier Alexander Toapanta Carrasco**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi más grande agradecimiento a DIOS, a mis padres, y a mis hermanas que son mi mayor fortaleza, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por permitirme obtener una profesión y ser una persona útil para la sociedad.

Un agradecimiento muy especial a los Ingenieros Miguel Aquino, y Elvis Arguello, quienes han sido excelentes maestros y amigos, por todo el apoyo brindado para llegar a la culminación de este trabajo de tesis.

**Alicia del Rocio Sani Centeno**

Deseo expresar el más sincero y afectuoso agradecimiento a DIOS, a mi madre y a toda mi familia por el apoyo brindado a lo largo de estos años que he dedicado a cumplir uno más de mis sueños; a Lizbeth L., Fernando P. y Gabriela C. por toda la ayuda que me supieron otorgar en los momentos más difíciles de mi vida además de todo su cariño y afecto.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, quiero manifestar mi eterna gratitud por haberme brindado una profesión muy digna misma que me será una herramienta la cual me permitirá realizar todas mis metas.

**Javier Alexander Toapanta Carrasco**



## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<b>1. GENERALIDADES</b> .....	1
1.1 Introducción .....	1
1.2 Justificación .....	1
1.2.1 <i>Justificación técnica</i> .....	1
1.2.2 <i>Justificación económica</i> .....	2
1.2.3 <i>Justificación social</i> .....	2
1.3 Objetivos .....	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i> .....	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	2
 <b>2. FUNDAMENTOS Y MARCO TEÓRICO SEGÚN EL ESTADO</b>	
<b>ACTUAL DEL ARTE</b> .....	3
2.1 Estado del arte .....	3
2.1.1 <i>Problemática</i> .....	3
2.1.2 <i>Equipos de dosificación</i> .....	3
2.1.2.1 <i>Envasadora manual 3 válvulas (Workers)</i> .....	3
2.1.2.2 <i>Envasadora automática para líquidos WK – SL (Workers)</i> . ....	4
2.1.2.3 <i>Llenadora de botellas lineal (ASTIMEC)</i> . ....	5
2.1.3 <i>Equipos de tapado</i> .....	6
2.1.3.1 <i>Roscador manual ER – M (Equitek)</i> . ....	6
2.1.3.2 <i>Roscador semiautomático ER – S (Equitek)</i> . ....	7
2.1.3.3 <i>Máquina tapadora automática para botellas PET (GWTG)</i> . ....	8
2.1.4 <i>Sistema de transporte</i> .....	9
2.1.4.1 <i>Transportador de banda (Smiline)</i> .....	9
2.1.4.2 <i>Transporte de rodillos TA – 127 (EK)</i> . ....	10
2.1.4.3 <i>Transporte por placas articuladas (Packsystem)</i> . ....	10
2.2 Marco teórico .....	11
2.2.1 <i>Tecnología del refresco</i> .....	11
2.2.1.1 <i>Tipos de bebidas refrescantes</i> . ....	12
2.2.1.2 <i>Proceso de fabricación</i> . ....	13
2.2.1.3 <i>Tipos de envases</i> . ....	15

2.2.1.4	<i>Requisitos de los refrescos</i> .....	16
2.2.2	<i>Técnicas de envasado.</i> .....	18
2.2.2.1	<i>Envasado lineal</i> .....	18
2.2.2.2	<i>Envasado rotativo.</i> .....	23
2.2.3	<i>Métodos de llenado</i> .....	25
2.2.3.1	<i>Llenado por nivel.</i> .....	25
2.2.3.2	<i>Llenado por presión.</i> .....	25
2.2.3.3	<i>Llenado por pistón.</i> .....	26
2.2.3.4	<i>Llenado volumétrico.</i> .....	27
2.2.3.5	<i>Llenado con llaves electro neumáticas.</i> .....	27
2.2.4	<i>Tapado o roscado de botellas.</i> .....	28
2.2.4.1	<i>Roscadora mecánica.</i> .....	28
2.2.4.2	<i>Roscador electrónico.</i> .....	29
2.2.4.3	<i>Tapadora a presión.</i> .....	30
2.2.4.4	<i>Tapadora neumática.</i> .....	30
2.2.5	<i>Accionamiento del cabezal de dosificación.</i> .....	31
2.2.5.1	<i>Accionamiento neumático.</i> .....	31
2.2.6	<i>Finales de carrera</i> .....	33
2.2.6.1	<i>Elementos de un final de carrera.</i> .....	34
2.2.7	<i>Sensores fotoeléctricos</i> .....	34
2.2.7.1	<i>Tipos de sensores fotoeléctricos.</i> .....	35
2.2.8	<i>PLC LG</i> .....	35
2.2.8.1	<i>Características generales de PLC LG</i> .....	36
2.2.8.2	<i>Estructura de un PLC.</i> .....	36
2.2.8.3	<i>Suministro de energía.</i> .....	36
2.2.8.4	<i>Criterios de selección de un PLC.</i> .....	37
2.2.9	<i>Lenguajes de programación.</i> .....	37
2.2.9.1	<i>Tipos de lenguajes de programación.</i> .....	38
2.2.10	<i>Válvulas distribuidoras.</i> .....	38
2.2.11	<i>Contactores</i> .....	39
2.2.12	<i>Motor reductor</i> .....	41
2.2.12.1	<i>Criterios de selección de un motor.</i> .....	41
2.2.13	<i>Chumaceras.</i> .....	42
2.3	<i>Fundamentos del método de elementos finitos</i> .....	43

2.3.1	<i>Modelo de análisis del MEF.</i>	43
2.3.2	<i>Procedimiento del análisis de elementos finitos usando un software.</i>	43
2.3.2.1	<i>Pre-proceso.</i>	43
2.3.2.2	<i>Solución del análisis.</i>	44
2.3.2.3	<i>Post proceso.</i>	44
<b>3.</b>	<b>ESTUDIO DE ALTERNATIVAS</b>	45
3.1	Consideraciones para la determinación de las especificaciones	45
3.2	La matriz QFD (casa de la calidad)	45
3.2.1	<i>Voz del cliente.</i>	45
3.2.2	<i>Voz del ingeniero.</i>	46
3.2.3	<i>Análisis de la casa de la calidad.</i>	47
3.2.4	<i>Conclusiones de la matriz QFD.</i>	47
3.2.5	<i>Especificaciones técnicas.</i>	49
3.3	Definición y diseño conceptual	49
3.3.1	<i>Definición del análisis funcional.</i>	49
3.3.2	<i>Análisis de los módulos funcionales.</i>	50
3.3.3	<i>Definición de los módulos.</i>	50
3.4	Posibles soluciones para cada etapa del módulo	52
3.4.1	<i>Módulo 1.</i>	52
3.4.1.1	<i>Transporte de los envases PET.</i>	52
3.4.1.2	<i>Sistema de dosificado.</i>	53
3.4.1.4	<i>Alternativas de módulos.</i>	55
3.4.1.5	<i>Evaluación y selección de los módulos.</i>	56
3.4.2	<i>Selección del principio de accionamiento de la máquina.</i>	58
3.4.2.1	<i>Accionamiento del transportador.</i>	58
3.4.2.2	<i>Elevación del cabezal de dosificación.</i>	59
3.4.2.3	<i>Funcionamiento del dosificador.</i>	59
3.4.2.4	<i>Sistema de roscado.</i>	59
3.4.3	<i>Sistemas del equipo.</i>	59
<b>4.</b>	<b>DISEÑO DE INGENIERÍA</b>	61
4.1	Diseño, selección y construcción de elementos	61
4.2	Sistema de transporte	62

4.2.1	<i>Banda transportadora.....</i>	62
4.2.1.1	<i>Especificaciones técnicas de la banda transportadora .....</i>	62
4.2.2	<i>Selección del piñón motriz y conducido.....</i>	63
4.2.3	<i>Cálculo potencia necesaria para el movimiento de la cadena.....</i>	64
4.2.3.1	<i>Cálculo de la velocidad angular.....</i>	65
4.2.3.2	<i>Cálculo del torque.....</i>	66
4.2.3.3	<i>Cálculo de la fuerza que actúa en el piñón.....</i>	66
4.2.4	<i>Diseño eje.....</i>	67
4.2.4.1	<i>Diseño estático.....</i>	69
4.2.4.2	<i>Diseño a fatiga.....</i>	70
4.2.5	<i>Diseño chaveta y chavetero para el motor reductor. ....</i>	73
4.2.5.1	<i>Chaveta.....</i>	73
4.2.5.2	<i>Chavetero.....</i>	76
4.2.6	<i>Chumaceras.....</i>	77
4.2.6.1	<i>Caso estático.....</i>	78
4.2.6.2	<i>Caso dinámico.....</i>	78
4.2.7	<i>Guías de desgaste.....</i>	79
4.2.8	<i>Rieles.....</i>	80
4.3	<i>Sistema de dosificación.....</i>	81
4.3.1	<i>Eje guías.....</i>	81
4.3.2	<i>Bocines de deslizamiento.....</i>	87
4.3.3	<i>Eje de elevación.....</i>	88
4.3.3.1	<i>Diseño eje.....</i>	90
4.3.4	<i>Diseño soporte del cilindro.....</i>	91
4.3.5	<i>Boquillas de dosificación.....</i>	94
4.4	<i>Sistema de roscado.....</i>	97
4.4.1	<i>Calculo de la potencia del motor reductor.....</i>	97
4.4.2	<i>Selección de la banda.....</i>	98
4.4.2.1	<i>Cálculo de la relación de transmisión.....</i>	99
4.4.2.2	<i>Cálculo de la potencia de diseño.....</i>	99
4.4.2.3	<i>Escoger la sección de correa más adecuada.....</i>	99
4.4.2.4	<i>Selección de correas y poleas a utilizar.....</i>	100
4.4.2.5	<i>Distancia entre ejes.....</i>	100
4.4.2.6	<i>Longitud primitiva de la banda.....</i>	101

4.4.2.7	<i>Determinar el arco de contacto.</i>	102
4.4.2.8	<i>Cantidad de correas.</i>	102
4.4.2.9	<i>Velocidad de la correa</i>	103
4.4.2.10	<i>Ángulos de abrazamiento.</i>	104
4.4.2.11	<i>Tensiones producidas en la polea.</i>	105
4.4.2.12	<i>Potencia.</i>	106
4.4.2.13	<i>Torque</i>	107
4.4.3	<i>Eje roscador.</i>	107
4.4.4	<i>Boquilla de roscado.</i>	109
4.5	<i>Diseño estructura</i>	109
4.5.1	<i>Pre-proceso.</i>	110
4.5.2	<i>Solución de análisis.</i>	111
4.5.3	<i>Post-proceso</i>	112
4.6	<i>Elementos neumáticos</i>	113
4.6.1	<i>Cilindro neumático.</i>	113
4.6.1.1	<i>Consumo de aire de cilindro.</i>	115
4.6.2	<i>Mini cilindros neumático.</i>	116
4.6.3	<i>Válvulas.</i>	117
4.6.4	<i>Unidad técnica de mantenimiento.</i>	118
4.6.5	<i>Sensores.</i>	119
4.6.6	<i>Tubería neumática.</i>	120
4.6.7	<i>Finales de carrera.</i>	122
4.6.8	<i>Contactor</i>	123
4.6.9	<i>Relay</i>	124
4.6.10	<i>Controlador lógico programable.</i>	125
4.6.11	<i>Características del compresor.</i>	126
4.7	<i>Implementación del sistema de control.</i>	127
4.7.1	<i>Programación del PLC.</i>	127
4.7.2	<i>Entradas PLC.</i>	127
4.7.3	<i>Salida del PLC.</i>	128
4.7.4	<i>Programa de control de proceso.</i>	128
4.7.5	<i>Sistema neumático.</i>	132
4.7.6	<i>Circuito electro-neumático.</i>	132
4.7.7	<i>Circuito de potencia para el roscador.</i>	133

4.8	Construcción y montaje .....	133
4.8.1	<i>Proceso de construcción.</i> .....	134
4.8.2	<i>Operaciones tecnológicas y tiempos de construcción.</i> .....	139
4.8.2.1	<i>Construcción sistema estructural</i> .....	139
4.8.2.2	<i>Construcción sistema de dosificación</i> .....	141
4.8.2.3	<i>Construcción sistema de tapado</i> .....	146
4.8.2.4	<i>Construcción sistema de transporte</i> .....	151
4.8.2.5	<i>Construcción tablero de control</i> .....	155
4.8.2.6	<i>Sistema eléctrico</i> .....	157
4.8.2.7	<i>Sistema neumático</i> .....	159
4.8.3	<i>Flujogramas de construcción.</i> .....	159
4.8.3.1	<i>Flujograma sistema estructural.</i> .....	160
4.8.3.2	<i>Flujograma sistema de dosificación</i> .....	161
4.8.3.3	<i>Flujograma sistema de tapado</i> .....	162
4.8.3.4	<i>Flujograma del sistema de transporte</i> .....	163
4.8.3.5	<i>Flujograma caja de control</i> .....	164
4.8.3.6	<i>Flujograma sistema eléctrico</i> .....	164
4.8.3.7	<i>Flujograma sistema neumático</i> .....	165
4.8.4	<i>Montaje de envasadora</i> .....	165
4.8.4.1	<i>Montaje sistema estructural</i> .....	165
4.8.4.2	<i>Montaje sistema de transporte</i> .....	166
4.8.4.3	<i>Montaje sistema de dosificación</i> .....	167
4.8.4.4	<i>Montaje sistema de tapado</i> .....	168
4.8.4.5	<i>Montaje automatización</i> .....	169
4.8.5	<i>Flujograma de montaje de la envasadora</i> .....	170
4.8.6	<i>Tiempo total construcción y montaje.</i> .....	170
<b>5.</b>	<b>ANÁLISIS DE COSTOS Y PRUEBAS DEL EQUIPO</b> .....	<b>171</b>
5.1	Análisis de costo .....	171
5.1.1	<i>Costos directos.</i> .....	171
5.1.1.1	<i>Materiales y accesorios.</i> .....	171
5.1.1.2	<i>Costo mano de obra.</i> .....	184
5.1.1.3	<i>Costos de equipos y herramientas utilizadas</i> .....	185
5.1.1.4	<i>Costo por transporte</i> .....	186

5.1.1.5	<i>Costos totales directos .....</i>	186
5.1.2	<i>Costos indirectos.....</i>	187
5.1.3	<i>Costo total equipo.....</i>	187
5.1.4	<i>Costos por operación y mantenimiento. ....</i>	187
5.1.5	<i>Análisis del punto de equilibrio. ....</i>	188
5.1.5.1	<i>Salvamento del equipo. ....</i>	188
5.1.5.2	<i>Depreciación del equipo. ....</i>	189
5.1.5.3	<i>Producción mínima mensual.....</i>	189
5.2	<i>Pruebas del equipo .....</i>	191
5.2.1	<i>Colocación de los envases bajo el cabezal de roscado .....</i>	191
5.2.2	<i>Verificación de la cantidad de líquido en los envases.....</i>	194
5.2.3	<i>Posicionamiento de los envases bajo el roscador .....</i>	196
5.2.4	<i>Resultados de los ensayos.....</i>	199
5.2.5	<i>Verificación de requerimientos.....</i>	199
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>201</b>
6.1	<i>Conclusiones .....</i>	201
6.2	<i>Recomendaciones .....</i>	203

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## **PLANOS**

## LISTA DE TABLAS

		Pág.
1	Características de los refrescos .....	12
2	Requisitos físicos - químicos .....	17
3	Requisitos microbiológicos.....	17
4	Contaminantes .....	17
5	Casa de calidad .....	48
6	Especificaciones técnicas.....	49
7	Combinación de soluciones para el módulo .....	55
8	Evaluación y selección de los módulos .....	56
9	Ponderación de la velocidad de transporte .....	56
10	Ponderación de la cantidad de accesorios.....	57
11	Ponderación del mantenimiento.....	57
12	Ponderación de la velocidad de llenado.....	57
13	Ponderación de unidades por ciclo .....	57
14	Ponderación de la fiabilidad .....	58
15	Selección de la alternativa mejor ponderada .....	58
16	Especificaciones de cilindro .....	114
17	Especificaciones mini cilindro FESTO.....	116
18	Especificaciones válvula FESTO.....	117
19	Especificaciones UTM.....	119
20	Especificaciones sensor fotoeléctrico .....	120
21	Especificaciones tubería neumática .....	121
22	Especificaciones conector rápido T .....	121
23	Especificaciones conector rápido recto.....	122
24	Especificación final de carrera SCHEMERSAL .....	123
25	Especificaciones contactor SASSA .....	124
26	Especificaciones relay beta .....	125
27	Especificaciones PLC LG Master K30s .....	125
28	Especificaciones compresor SCHULZ .....	126
29	Designación entrada PLC .....	127
30	Designación salida PLC.....	128
31	Proceso de construcción.....	134



32	Construcción sistema estructural .....	139
33	Construcción sistema de dosificación.....	141
34	Construcción sistema de tapado.....	146
35	Construcción sistema de transporte .....	151
36	Construcción tablero de control.....	155
37	Implementación sistema eléctrico.....	157
38	Implementación sistema neumático.....	159
39	Montaje sistema estructural .....	165
40	Montaje sistema de transporte .....	166
41	Montaje sistema de dosificación.....	167
42	Montaje sistema de tapado.....	168
43	Montaje automatización.....	169
44	Tiempo total construcción y montaje.....	170
45	Costos accesorios mecánicos estructura .....	171
46	Costos accesorios mecánicos sistema de dosificación.....	173
47	Costos accesorios mecánicos sistema de transporte .....	176
48	Costos accesorios mecánicos sistema de roscado.....	179
49	Costos accesorios mecánicos caja de control .....	181
50	Costos accesorios eléctricos y neumáticos .....	182
51	Costo de mano de obra.....	184
52	Costos de equipos y herramientas.....	185
53	Costo por transporte.....	186
54	Costos totales directos .....	186
55	Costos indirectos.....	187
56	Costo total equipo .....	187
57	Costo por operación y mantenimiento .....	187
58	Costos fijos y variables .....	188
59	Producción mensual de refrescos.....	189
60	Ensayo 1.....	191
61	Ensayo 2.....	194
62	Ensayo 3.....	196
63	Resultados de ensayos .....	199
64	Porcentaje de cumplimiento.....	199

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1      Envasadora manual 3 válvulas (Workers) .....	4
2      Envasadora semiautomática para líquidos WK – SL (Workers) .....	5
3      Llenadora de botellas lineales ASTIMEC .....	6
4      Roscador manual ER – M (Equitek).....	7
5      Roscador semiautomático ER – S (Equitek).....	8
6      Máquina tapadora automática para botellas PET (GWTG).....	9
7      Transportador de banda (Smiline) .....	9
8      Transporte de rodillos TA – 127 (EK).....	10
9      Transporte por placas articuladas (Packsystem) .....	11
10     Diagrama proceso productivo de refrescos .....	15
11     Envases más utilizados para bebidas refrescantes .....	16
12     Envasado lineal .....	18
13     Transportadora de banda.....	19
14     Transportadora de placas articuladas .....	20
15     Transportadora de rodillos sin transmisión.....	21
16     Transportador de rodillos de transmisión .....	22
17     Envasadora de mesa rotativa.....	23
18     Esquema de un transportador rotativo .....	24
19     Esquema de llenador por nivel.....	25
20     Esquema de llenado por presión .....	26
21     Llenador por pistón .....	26
22     Esquema constitutivo del llenado por pistón .....	27
23     Esquema de llenador volumétrico.....	27
24     Llenado por llaves electro neumáticas .....	28
25     Esquema roscadora mecánica .....	29
26     Esquema roscador electrónico .....	29
27     Esquema tapador a presión .....	30
28     Tapadora neumática.....	30
29     Esquema cilindro doble efecto.....	31
30     Final de carrera .....	33
31     Elementos de un final de carrera.....	34

32	Sensor fotoeléctrico .....	35
33	PLC LG.....	35
34	Esquema estructura de un PLC .....	36
35	Transformador de aislamiento .....	37
36	Lenguaje ladder.....	38
37	Representación de válvulas.....	39
38	Contactores de potencia .....	40
39	Partes de un contactor .....	41
40	Motor reductor .....	41
41	Tipos de chumaceras.....	42
42	Definición de módulos.....	51
43	Esquema sistemas del equipo .....	60
44	Esquema envasadora de refrescos.....	61
45	Sistema de transporte .....	62
46	Especificaciones técnicas de la banda transportadora .....	63
47	Selección del piñón motriz y conducido.....	64
48	Dimensiones de la chaveta.....	64
49	Especificaciones del motor reductor.....	67
50	Eje del motor reductor .....	67
51	Diagrama de fuerzas .....	68
52	Diagrama de momento y cortante en el eje.....	68
53	Geometría chaveta .....	73
54	Geometría del chavetero .....	76
55	Capacidad de carga rodamiento FAG tipo S .....	78
56	Guía de desgaste .....	79
57	Espacio de la guía .....	80
58	Dimensiones del perfil del riel.....	81
59	Esquema sistema de dosificación .....	81
60	Esquema ejes guías .....	82
61	Cargas actuantes en los ejes guías .....	83
62	Diagrama de cuerpo libre de los ejes guías.....	83
63	Diagrama de cortante y momento flector .....	84
64	Esquema bocín de deslizamiento.....	87
65	Esquema eje de elevación .....	88

66	Esquema fuerzas en el eje .....	90
67	Esquema de soporte de cilindro .....	91
68	Perfil del soporte .....	92
69	Esquema boquillas de dosificación .....	95
70	Sistema de roscado .....	97
71	Motor reductor roscador .....	98
72	Gráfico de selección del perfil de correa .....	100
73	Gráfico ángulos de abrazamiento .....	104
74	Esquema eje de elevación .....	107
75	Boquilla de roscado .....	109
76	Esquema de estructura .....	110
77	Configuración geométrica de la estructura .....	110
78	Estructura en entorno MEF .....	111
79	Mallado de estructura .....	111
80	Puntos de apoyo y cargas .....	112
81	Análisis estructura .....	113
82	Características del cilindro .....	114
83	Consumo de aire del cilindro .....	115
84	Mini cilindro FESTO .....	116
85	Válvula distribuidora .....	117
86	Unidad técnica de mantenimiento .....	118
87	Sensor fotoeléctrico .....	119
88	Tubería neumática .....	120
89	Conector rápido T .....	121
90	Conector rápido recto .....	122
91	Final de carrera SCHEMERSAL .....	122
92	Contactador SASSA .....	123
93	Relay beta .....	124
94	PLC LG Master K30s .....	125
95	Compresor SCHULZ .....	126
96	Programa PLC .....	129
97	Esquema de control neumático .....	132
98	Diagrama de fase .....	132
99	Circuito electro-neumático .....	133

100	Circuito de potencia del roscador .....	133
101	Elementos sistema estructural.....	160
102	Flujograma sistema estructural .....	160
103	Elementos sistema de dosificación .....	161
104	Flujograma sistema de dosificación.....	161
105	Elementos sistema de tapado .....	162
106	Flujograma sistema de tapado.....	162
107	Elementos sistema de transporte.....	163
108	Flujograma sistema de transporte .....	163
109	Elementos caja de control .....	164
110	Flujograma sistema de transporte .....	164
111	Flujograma sistema eléctrico .....	164
112	Flujograma sistema neumático .....	165
113	Flujograma de montaje envasadora .....	170
114	Esquema ensayo 1 .....	193
115	Esquema ensayo 2.....	196
116	Esquema ensayo 3.....	198

## SIMBOLOGÍA

$F_e$	Fuerza efectiva de avance	N
$F_t$	Fuerza teórica	N
$Fr$	Fuerza de fricción	N
$P_{aire}$	Presión del aire	Bar
L	Longitud del transportador	ft
WP	Peso del producto por pie de cadena	lb/ft
WC	Peso de la cadena por pie	lb/ft
V	Velocidad	ft/min
W	Velocidad angular	rad/s
P	Potencia del motor	Hp
T	Torque	N.m
F	Fuerza	N
M	Momento flector	N.m
n	Factor de seguridad	
$\sigma_T$	Esfuerzo axial	kg/cm <sup>2</sup>
$\sigma_f$	Esfuerzo de flexión	kg/cm <sup>2</sup>
$\tau$	Esfuerzo de torsión	kg/cm <sup>2</sup>
$\sigma_{eq}$	Esfuerzo equivalente	kg/cm <sup>2</sup>
$S_y$	Límite de fluencia del material	kg/cm <sup>2</sup>
$S_{ut}$	Resistencia a la tensión del material	kg/cm <sup>2</sup>
$k_a$	Factor de superficie	
$k_b$	Factor de tamaño	
$k_c$	Factor de confiabilidad	
$k_d$	Factor de temperatura	
$k_g$	Factor efectos diversos	
$k_e$	Factor de concentración de esfuerzos	
p	Fuerza de corte	N
r	Radio	cm
$A_c$	Área de aplastamiento chaveta	cm <sup>2</sup>
d	Diámetro del eje	cm

$h$	Altura de chaveta	cm
$F_a$	Fuerza axial	N
$F_r$	Fuerza radial	N
$P_o$	Carga estática equivalente	KN
$P$	Carga dinámica equivalente	KN
$C$	Capacidad de carga dinámica	KN
$C_o$	Capacidad de carga estática	KN
$f_s$	Factor de esfuerzos estáticos	
$f_L$	Factor horas de trabajo	
$f_n$	Factor revoluciones por minuto	
$A$	Área	cm <sup>2</sup>
$l_p$	Longitud de pandeo	cm
$\lambda$	Razón de esbeltez	
$E$	Módulo de elasticidad	kg/cm <sup>2</sup>
$P_r$	Razón de esbeltez	
$F_w$	Fuerza de peso	N
$r_g$	Radio de giro	cm
$Y$	Altura	
$V$	Velocidad de llenado	m/s
$\gamma$	Peso específico del líquido	
$Q$	Caudal	m <sup>3</sup> /s
$t$	Tiempo de llenado	s
$Pot$	Potencia	Hp
$i$	Relación de transmisión	
$n_2$	Velocidad angular de polea rápida	rpm
$n_1$	Velocidad angular de polea lenta	rpm
$D_p$	Diámetro primitivo polea lenta	cm
$d_p$	Diámetro primitivo polea rápida	cm
$P_D$	Potencia de diseño	Hp
$C_1$	Factor de servicio	
$C$	Distancia tentativa entre ejes	mm
$C_c$	Distancia corregida entre ejes	mm

$C_2$	Factor de corrección	
$Z$	Número de correas	
$Ar$	Arco de contacto	°
$T_1$	Fuerza en el lado tirante	lb
$T_2$	Fuerza en el lado flojo	lb
$f$	Coeficiente de rozamiento	
$P$	Inversión	\$
$S$	Salvamento	\$
$D_a$	Depreciación anual	\$
$PE$	Punto de equilibrio	



## **LISTA DE ABREVIACIONES**

QFD	Despliegue de la Función de Calidad
ANFABRA	Asociación de Bebidas Refrescantes
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
PET	Politereftalato de Etileno
PLC	Controlador Lógico Programable
IEC	International Electrotechnical Commission
CAD	Computer Aided Desing
CAE	Computer Aided Engineering
TIG	Tungsten Inert Gas

## **LISTA DE ANEXOS**

- A** Propiedades acero inoxidable
- B** Propiedades mecánicas acero inoxidable
- C** Propiedades acero estructural
- D** Propiedades acero estructural
- E** Factor de servicio
- F** Factor por horas de trabajo
- G** Factor por rpm
- H** Velocidad máxima de cadena
- I** Nomograma cálculo fuerza de cilindro
- J** Propiedades perfil cuadrado
- K** Factor de modificación de acabado superficial
- L** Factor de modificación de tamaño
- M** Factor de modificación de confiabilidad
- N** Factor de temperatura
- O** Fórmulas de torque
- P** Factor de servicio para potencia de diseño
- Q** Diámetro de poleas
- R** Factor  $c_2$
- S** Factor  $c_3$
- T** Aplicación de torque según el diámetro de rosca de la tapa
- U** Velocidad angular para roscado de tapas
- V** Manuales

## **RESUMEN**

La máquina envasadora y dosificadora de refrescos tiene como finalidad realizar el envasado de refrescos en las presentaciones de 250 ml y 500 ml, incrementando el volumen de producción de la empresa.

Para la selección de la mejor alternativa se utilizó los criterios establecidos en el diseño concurrente, para lo cual se implementó la metodología conocida como la casa de la calidad, misma que permite una fácil vinculación entre los requerimientos del cliente y las soluciones establecidas por el ingeniero, posteriormente mediante el análisis de las diferentes alternativas se seleccionó una máquina envasadora lineal con dosificador de nivel y roscador mecánico.

La máquina fue diseñada de acuerdo al tipo y tamaño de los envases que posee la empresa además del tipo de fluido con el cuál va a trabajar. En la construcción se utilizó diversos materiales como el Acero Inoxidable AISI 304, Acero AISI 1020 y Acero A36.

El equipo cuenta con un sistema electro neumático comandado por un PLC, el mismo que se encarga de coordinar cada una de las funciones necesarias para el correcto envasado del refresco; proceso que concluye con el sellado de los envases por parte del operario haciendo uso del roscador mecánico.

Las pruebas verificaron el correcto funcionamiento del equipo además se determinó que la velocidad de producción para los envases de 250 ml es de 24 envases por minuto, mientras que para los envases de 500 ml es de 18 envases por minuto, incrementando la producción en un 140% y 200% respectivamente.

## **SUMMARY**

The packaging and dosing drinks machine is aimed to carry out drinks packaging in the presentations of 250 ml and 500 ml, increasing the production of the company.

The criteria laid down in the concurrent design were used to select the best alternatives, the methodology known as Quality Function Deployment (QFD) was implemented, it allows an easy connection between customer requirements and solutions established by the engineer, subsequently by analyzing the different alternatives, a linear packaging machine with level dispenser and mechanical screw-tap was selected.

A machine according to the type and size of the packages that the company has was designed in addition to the type of fluid that will be worked. Various materials such as AISI 304 stainless steel, AISI 1020 Steel and A36 Steel were used in construction.

The machine has an electro pneumatic system controlled by a Programmable Logic Controller (PLC), this system coordinates each of the necessary functions to the proper drinks packaging; the process ends with the sealing of the containers by the operator by using the mechanical screw-tap.

The tests checked the correct operation of the equipment, in addition it was determined that the production for 250 ml containers is 24 containers per minute, while for 500 ml containers is 18 containers per minute, increasing the production by 140 % and 200 % respectively.

# CAPÍTULO I

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 Introducción

En nuestra provincia existen empresas que se dedican a la producción de variedad de lácteos entre ella se encuentra Lácteos Santillán, también llamada “PRASOL”, la misma que se dedica a la fabricación de productos lácteos en varias presentaciones como yogurts, quesos, leche, refrescos, etc. Actualmente el área de refrescos de la empresa la producción es limitada debido a que las operaciones de dosificado como sellado del producto se lo realiza manualmente, el proceso consiste en abrir una llave de paso que se encuentra conectada a un tanque de almacenamiento que dosifica a las diferentes presentaciones que existen de 250 ml, 500 ml que provoca que la producción sea mínima y no se cubra completamente la demanda que el mercado exige, además que el producto varía de peso de acuerdo al operador que esté a cargo del control de la fabricación del producto.

Existe una gran variedad de máquinas dosificadoras semiautomáticas y automáticas que facilitan este proceso, disminuyendo los tiempos de producción y aumentando la fabricación del producto, esta tecnología ha sido implementada en algunas de las grandes empresas dedicadas a la producción de refrescos, de esta manera nace la necesidad de la empresa de Lácteos Santillán de contar con maquinaria que facilite y agilice el proceso de esta línea de producción, que evitará en parte la intervención del hombre en el proceso para de esta manera obtener un producto con el volumen equitativo en todos sus envases.

### 1.2 Justificación

**1.2.1 Justificación técnica.** En nuestro país la industria alimenticia ha crecido rápidamente en los últimos años, por lo que las empresas han buscado integrar a los diferentes procesos de producción, maquinarias y equipos que ayuden a aumentar la productividad, cumpliendo los estándares de calidad y satisfacer la demanda del mercado. Las máquinas utilizadas para el proceso de dosificado deben cumplir con estos

requerimientos. Con la finalidad de mejorar la calidad del producto y controlar en forma cuantitativa la producción de refrescos, se implementará una máquina que ayudará en esta línea de producción. La máquina deberá realizar una exacta dosificación.

**1.2.2 Justificación económica.** El principal beneficio para la empresa es el aumento en la línea de producción de refrescos, entonces de esta manera se cubrirá completamente las necesidades que el mercado exige, al igual que las necesidades del cliente. Se logrará mejorar el rendimiento de la empresa, generando mayores ganancias para la misma ya que se evitará las pérdidas que actualmente produce el sistema de dosificación, además que se disminuirá la intervención de la mano del hombre, por lo tanto disminuirá el costo por mano de obra.

**1.2.3 Justificación social.** El proyecto surge de la necesidad presentada por la empresa Lácteos Santillán, que actualmente cuenta con un sistema manual de dosificación de refrescos, al implementarse este equipo se logrará mejorar en gran parte el volumen de producción y la calidad de los refrescos, que son consumidos por miles de personas de este país, de esta manera se asegura el bienestar de los mismos.

### **1.3 Objetivos**

**1.3.1 Objetivo general.** Diseñar, construir e implementar una máquina envasadora y dosificadora de refrescos para la industria de Lácteos Santillán “PRASOL”.

**1.3.2 Objetivos específicos:**

Diseñar una máquina envasadora y dosificadora que cumpla con los requerimientos de las características físicas y químicas del producto.

Realizar el diseño geométrico de los elementos mecánicos.

Realizar la selección de los elementos de control.

Aumentar la producción de refrescos en la empresa.

Realizar pruebas experimentales para comprobar el adecuado funcionamiento del equipo.

## **CAPÍTULO II**

### **2. FUNDAMENTOS Y MARCO TEÓRICO SEGÚN EL ESTADO ACTUAL DEL ARTE**

#### **2.1 Estado del arte**

Actualmente en el mercado nacional e internacional se ha impulsado el desarrollo y construcción de máquinas envasadoras de refrescos, para de esta manera mejorar y aumentar el volumen de producción al automatizar el proceso casi en su totalidad.

**2.1.1 Problemática.** El constante crecimiento de las industrias ecuatorianas en la producción de refrescos obliga a las industrias artesanales a modernizar sus líneas de producción para de esta manera satisfacer la creciente demanda del producto. El proceso manual de llenado de los envases implica mayor tiempo para cubrir un embarque de producto.

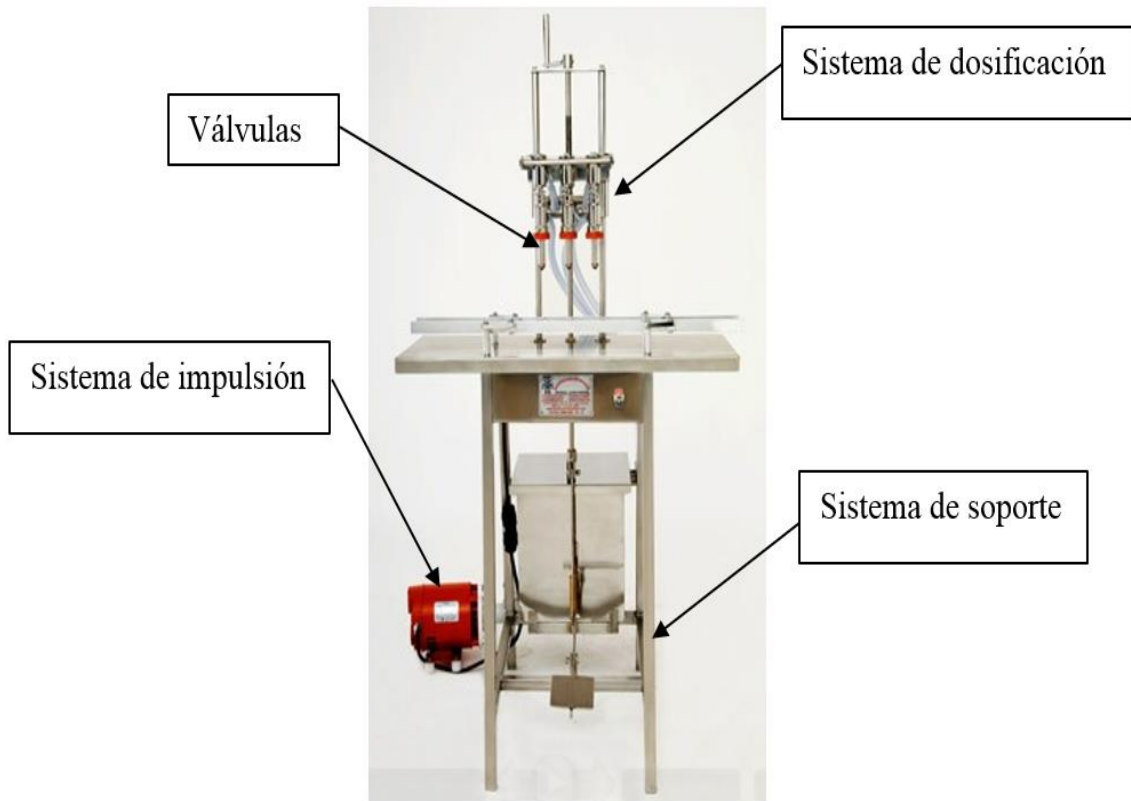
Así también la constante manipulación del personal con los elementos como son los envases, tapas y válvulas de dosificación comprometen seriamente la asepsia del producto, pudiendo generar una merma en las normas de calidad de la empresa.

#### **2.1.2 Equipos de dosificación**

**2.1.2.1 Envasadora manual 3 válvulas (Workers).** Este equipo es ideal para los microempresarios que desean emprender su negocio. Es versátil ya que puede envasar volúmenes de 250 ml hasta 1,5 litros, es un equipo completamente manual ya que su funcionamiento consiste en la colocación de la botella en el lugar donde va ser dosificado el líquido lo realiza el operario, de igual manera ocurre con el proceso de dosificación que lo realiza el mismo operario por medio de una palanca que se mantiene apretada hasta que el volumen de la botella sea el adecuado, es decir, que el volumen de los diferentes envases varían de acuerdo al operario que se encuentre manejando el equipo, además posee un fácil ajuste para diferentes tipos de botellas, construida en acero inoxidable AISI 304, posee un tanque receptor de acero inoxidable con capacidad para 20 litros, este

cuenta con un flotador de polietileno, posee una bomba sanitaria con un impulsor abierto con motor cerrado de 1 H.P. La capacidad de operación varía desde 12 a 30 botellas por minuto dependiendo de la botella y cantidad de producto. (WORKERS).

Figura 1. Envasadora manual 3 válvulas (Workers)

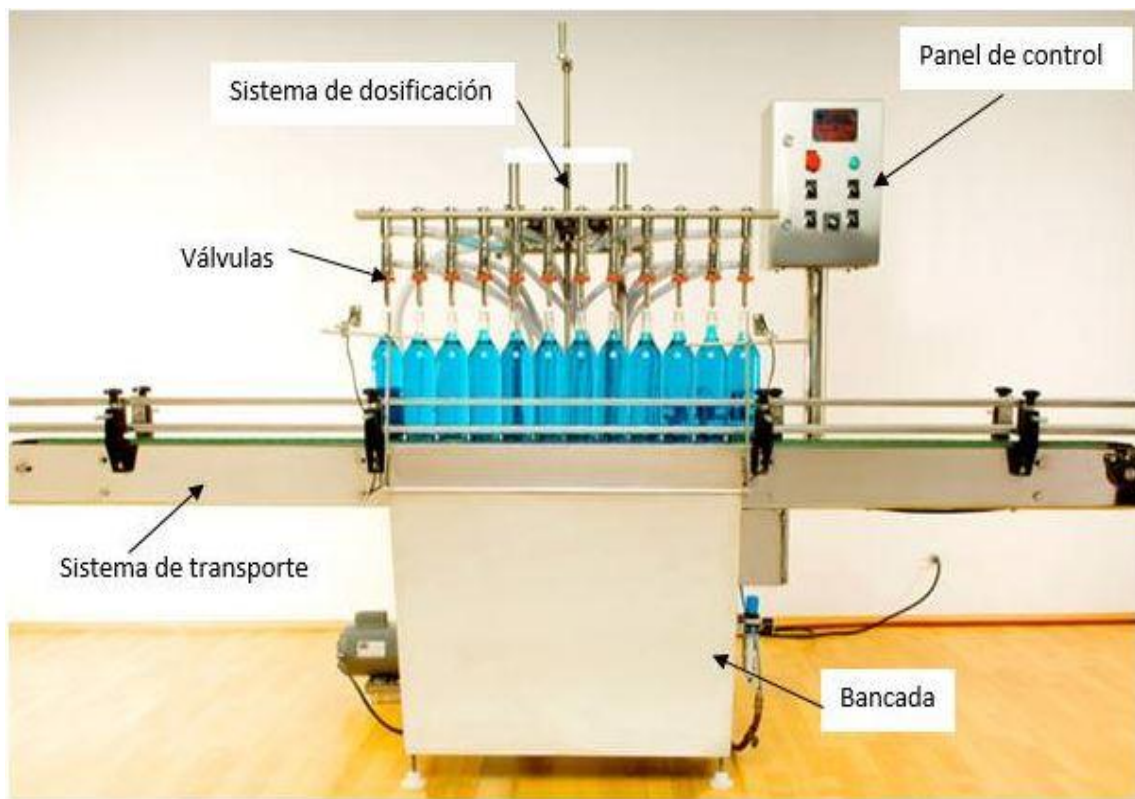


Fuente: [http://www.maquinariaworkers.com/uploads/fotos\\_productos/13.jpg](http://www.maquinariaworkers.com/uploads/fotos_productos/13.jpg)

**2.1.2.2 Envasadora automática para líquidos WK – SL (Workers).** Esta máquina ha sido diseñada para producciones de 1200 a 2400 litros por hora, dependiendo del número de válvulas de llenado en línea que pueden ser de 6, 8, 10, 12 en medidas de 13, 16, 19, 25 mm de diámetro dependiendo de la boca del envase a llenar y de las necesidades de producción, este equipo es de fácil operación la dosificación se da por medio de rebose o desbordamiento, esto significa que el producto entra a la botella y el excedente lo regresa al tanque, de esta manera se evitan desperdicios y se quita el exceso de espuma. La estructura del equipo es completamente construida en acero inoxidable AISI 304, posee un receptor del producto, es de fácil ajuste para diferentes tipos de botellas, tiene una banda transportadora de 3,05 m de largo, para el transporte de botellas hasta el estacionamiento de dosificado, la capacidad de producción varía de 24-60 botellas por minuto dependiendo de la botella y la cantidad de producto. (WORKERS).



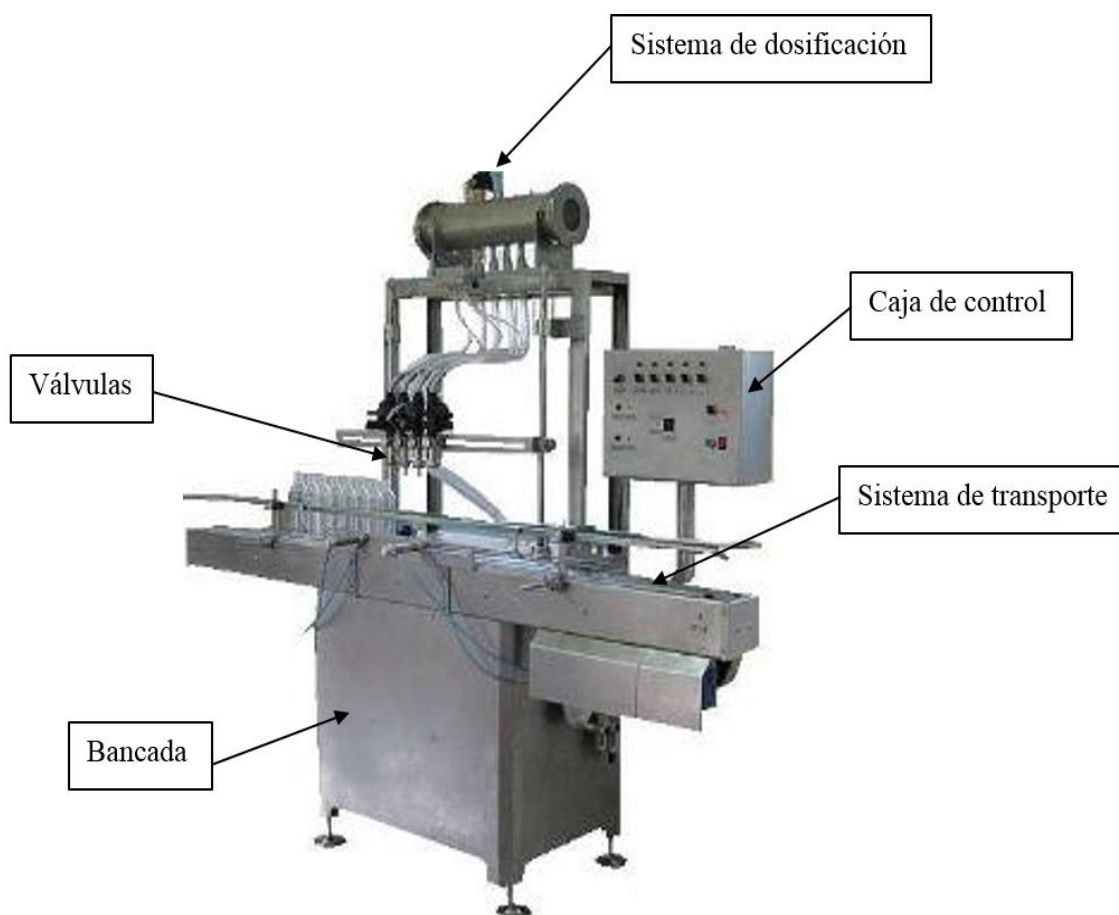
Figura 2. Envasadora semiautomática para líquidos WK – SL (Workers)



Fuente: [http://www.maquinariaworkers.com/uploads/fotos\\_productos/4.jpg](http://www.maquinariaworkers.com/uploads/fotos_productos/4.jpg)

**2.1.2.3 Llenadora de botellas lineal (ASTIMEC).** Máquina llenadora lineal automática, utilizada para líquidos en botellas plásticas o vidrio. Posee una estructura robusta fabricada en acero inoxidable AISI 304, la misma que garantiza una gran calidad y durabilidad, la máquina cumple con las exigencias sanitarias que debe cumplir el proceso de envasado, las boquillas son de diseño especial con desplazamiento neumático y regulación de altura de acuerdo al envase ayuda a mejorar la evacuación y recuperación del exceso de producto, las guías son regulables dependiendo del diámetro de la botellas. Tiene un llenado con alto caudal hasta completar un 90% del volumen necesario y finalmente el resto se llena con bajo caudal. Apta para diferentes tipos de líquidos como agua, licores, refrescos, yogurt, etc. La alimentación del producto se realiza empleando un sistema de distribución de tal manera que la presión que llega hacia cada dosificador sea igual. Se puede producir de 2 hasta 12 envases dependiendo de la necesidad de la empresa. Posee un sistema en el cual consiste en trasladar las botellas hasta ubicarlas en cada uno de sus respectivas boquillas, y luego de ser llenadas correctamente son evacuadas. Tiene una capacidad de 30 botellas por minuto. (ASTIMEC)

Figura 3. Llenadora de botellas lineales ASTIMEC



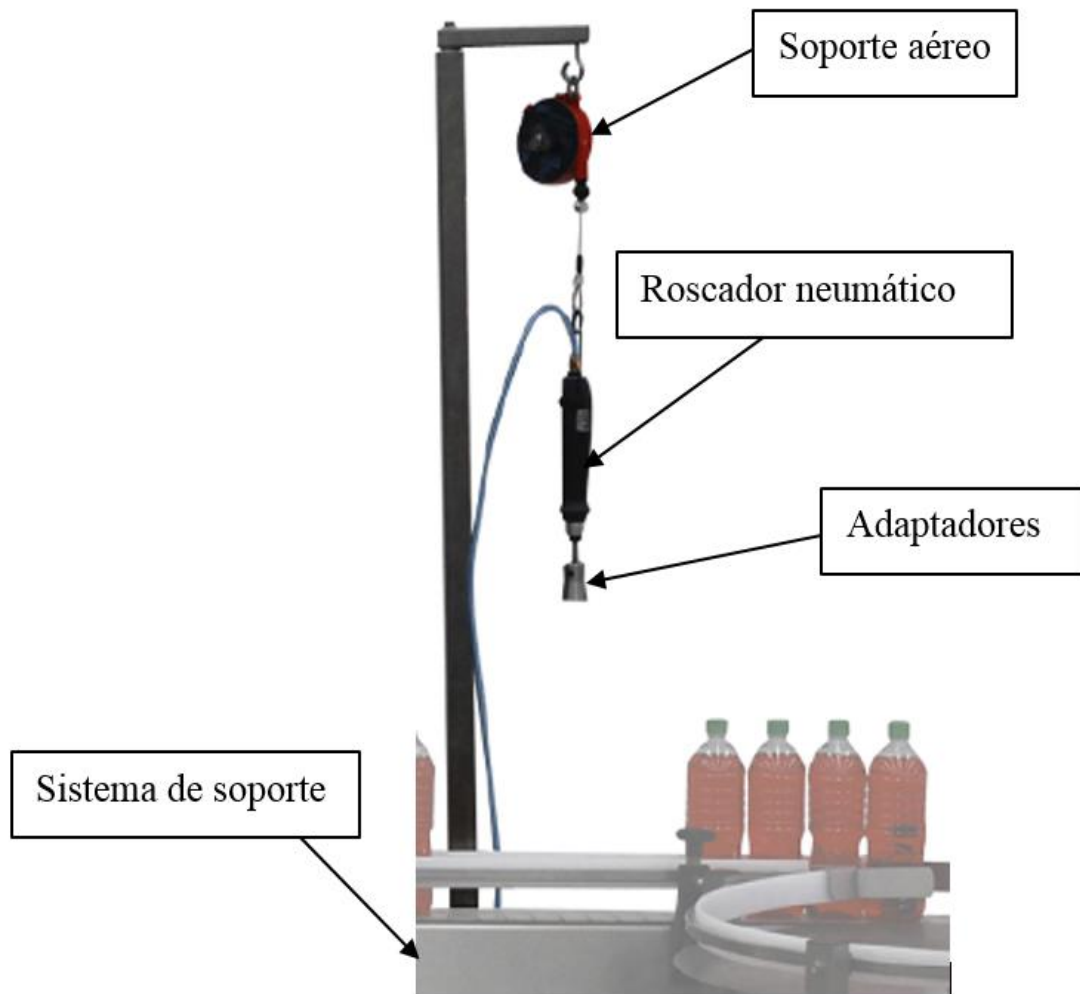
Fuente: <http://www.astimec.net/images/llenadora-de-botellas-automatica.jpg>

### 2.1.3 Equipos de tapado

**2.1.3.1 Roscador manual ER – M (Equitek).** Esta máquina cuenta con un cabezal de enroscado manual para trabajo pesado, la tecnología de este equipo está basado en el roscador neumático de arranque automático cuando se ejerce presión en la tapa, posee un control de torque ajustable, de 10 a 25 libras pulgada con un control de torque de paro automático que limita la fuerza aplicada al cierre de la tapa, con resortes intercambiables, reversible puede tener o no lubricación. Cuenta con un sistema de montaje giratorio que facilita el acople del mismo a un pedestal de equipo de envasado o también un poste para acoplarse a mesas o sistemas de transportes existentes, cuenta también con un sistema de balancín que permite suspenderlo ajustando la altura de este sobre los envases, de esta manera se libera las manos del operador cuando no está en uso. Posee un juego de dos tipos de adaptadores en acero inoxidable, estriado interior fabricado especialmente para tapas desde 18 hasta 55 mm, que pueden ser intercambiados fácilmente dependiendo de

la necesidad de la producción. La capacidad de producción dependiendo de la habilidad del operador es para colocar la tapa y apretarla puede ser hasta 30 botellas por minuto. Esta máquina es un complemento ideal para envasadoras manuales semiautomáticas o automáticas lineales de hasta 8 boquillas. (EQUITEK)

Figura 4. Roscador manual ER – M (Equitek)

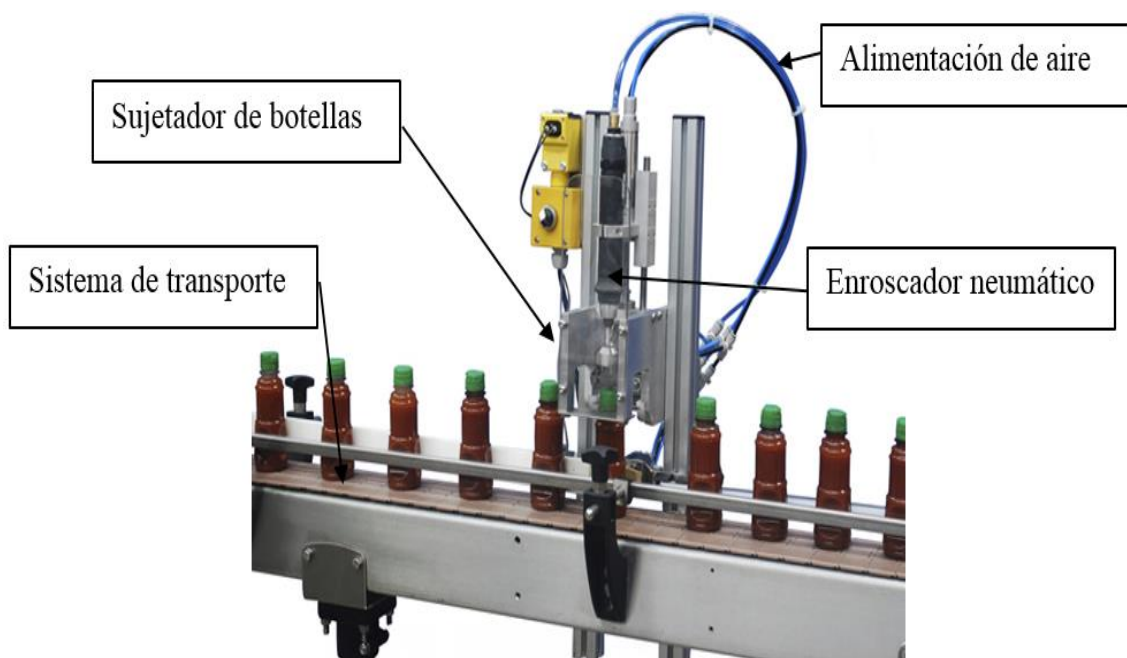


Fuente: <http://www.equitek.com.mx/f/ERM-Enroscado-de-Tapas-Manual.jpg>

**2.1.3.2 Roscador semiautomático ER – S (Equitek).** Esta máquina cuenta con un cabezal de enroscado, para trabajo pesado, de operación neumática, montado en un actuador neumático el cual cuenta con un sistema de trampas para captar el envase con la tapa presentada y enroscar esta con el torque adecuado, el mismo que es controlado por medio de un arranque automático cuando el roscador es presionado contra la tapa y un control de torque de paro automático que limita la fuerza aplicada al cierre de la tapa. La función del operador es colocar la tapa sobre el envase, cuando este entra sobre el sistema de

enroscado un sensor detecta el envase y cierra dos trampas, una en la parte inferior para evitar que el envase gire y otra en el cuello del envase, para evitar que este colapse por la fuerza del cabezal de enroscado, una vez que la tapa es enroscada las trampas se abren y liberan el envase. La capacidad de operación es de aproximadamente 40 envases por minuto. Posee un juego de dos tipos de adaptadores en acero inoxidable, estriado inferior, fabricado especialmente para tapas 10 hasta 55 mm de diámetro. Posee un torque ajustable de 10 a 25 libras pulgada. Este equipo es ideal para envasadoras semiautomáticas o envasadoras lineales automáticas de 4, 6 y 8 boquillas. El control del equipo se da por medio de un sensor fotoeléctrico inteligente, o sincronizado con el PLC del equipo de envasado. (EQUITEK)

Figura 5. Roscador semiautomático ER – S (Equitek)



Fuente: <http://www.equitek.com.mx/f/ERS-Colocado-y-Enroscado-de-Tapas.jpg>

**2.1.3.3 Máquina tapadora automática para botellas PET (GWTG).** Este equipo es adecuado para aplicaciones en industria alimenticia, posee un cabezal de enroscado para trabajo pesado, se encuentra montado en un actuador de operación neumática, además posee un sistema de trampas para captar el envase, posee un mecanismo de tambor rotatorio para colocar la tapa en la posición correcta y por medio de unas guías las tapas son colocadas en la botella, que se encuentra controlado por un mecanismo con motor. La capacidad de producción es de 2000 botellas por hora. (Water)

Figura 6. Máquina tapadora automática para botellas PET (GWTG)

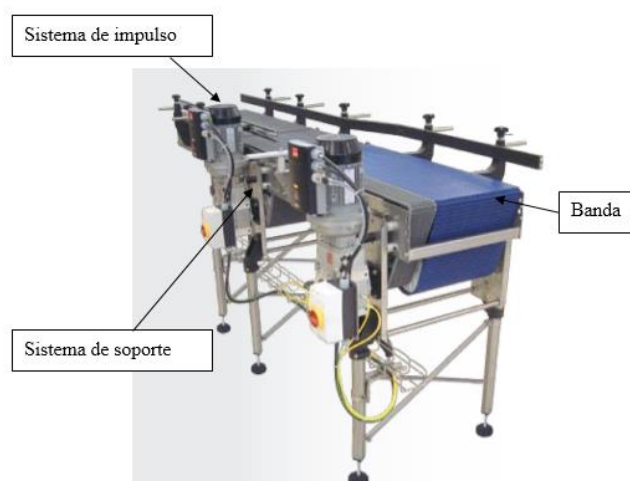


Fuente: <http://www.plantas-purificadoras-de-aguas.com.mx/wp-content/uploads/2013/03/Maquina-Taponadora-rotativa-para-botella-PET.jpg>

#### 2.1.4 Sistema de transporte

**2.1.4.1 Transportador de banda (Smiline).** Las cintas transportadoras Smiline por su facilidad de uso durante el ciclo productivo, posee un panel de control que automatiza el movimiento de esta manera asegura el flujo óptimo del producto, como latas o botellas de plástico o vidrio en base a los parámetros de funcionamiento de toda la línea, fabricados en acero inoxidable.

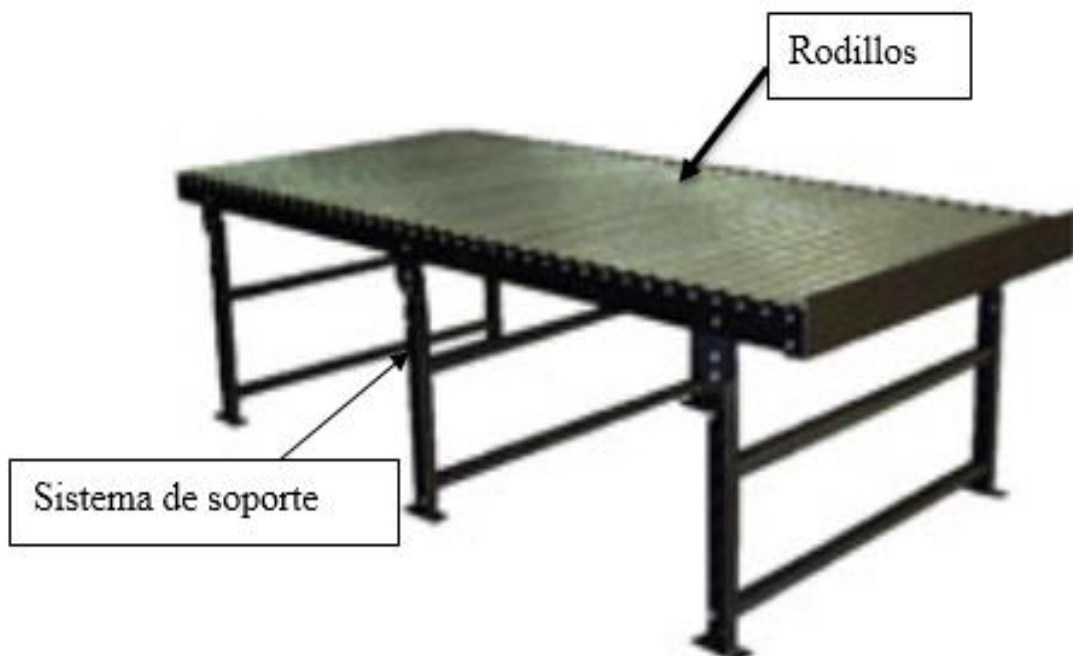
Figura 7. Transportador de banda (Smiline)



Fuente: <http://www.logismarket.es/ip/renau-transportador-de-banda-r2-transportador-de-banda-modelo-r2-701361-FGR.jpg>

**2.1.4.2 Transporte de rodillos TA – 127 (EK).** El transporte por rodillos es adecuado para envases medianos a altos, y para aplicaciones con acumulación de producto, la tracción de los rodillos es producida por la fricción de los mismos, con una correa en “V” que está ubicada por debajo de estos. La presión de la correa con los rodillos puede ser regulada por medio de una tuerca de ajuste manual. Su estructura es de acero de bajo carbono, con un acabado de pintura, recubiertos con tratamiento de zinc, tiene un diámetro de 50,8 mm, el movimiento está dado por un sistema piñón y cadena, las guías son regulables en ancho y altura.

Figura 8. Transporte de rodillos TA – 127 (EK)



Fuente:<http://t1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRUqUlurVyJ7Ea-GpdM6NSUqQ6GIR8IqoQsYx-VBYaJgfGHZHus>

**2.1.4.3 Transporte por placas articuladas (Packsystem).** Las plantas transportadoras de placas articuladas poseen una superficie uniforme que permite el traslado de productos, utilizadas principalmente para envases de vidrio y plástico. Las placas pueden ser de plástico o de acero, generalmente utilizados en una línea de llenado de media o alta capacidad su principal función es el traslado de producto de una estación a otra, incluso dentro de un mismo equipo, de esta manera se evita el contacto del operador con el



producto. Por su alta eficiencia este tipo de transporte es utilizado principalmente en la industria alimenticia. Este sistema de transporte es diseñado pueden utilizar o no control eléctrico independiente para su operación.

Figura 9. Transporte por placas articuladas (Packssystem)



Fuente:[http://t0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS0njNldHEck3lehHowDuOzwiKnPMwscSZ0YOdFLkeRSZ\\_-gvvFYQ](http://t0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS0njNldHEck3lehHowDuOzwiKnPMwscSZ0YOdFLkeRSZ_-gvvFYQ)

## 2.2 Marco teórico

**2.2.1 Tecnología del refresco.** Se conoce como refresco a aquellas bebidas analcólicas, pueden ser carbonatadas o no, son preparadas principalmente de agua, y tienen la presencia de algunos aditivos como zumos, purés de frutas o vegetales, vitaminas, minerales, anhídrido carbónico, azúcares y otros.

Los refrescos artificiales sabor naranja representan un gran volumen en el mercado de producción nacional, siendo estos los de mayor consumo en tiendas y supermercados, Es necesario conocer el producto a envasar para de acuerdo a esto proceder con la selección de las mejores alternativas.

Tabla 1. Características de los refrescos

Calorías	70 kcal
Grasa total	0 g
Colesterol	0 mg
Sodio	140 mg
Carbohidratos	17 g
Fibra dietética	0 g
Azúcares	17 g
Proteínas	0 g
Vitamina A	0 mg
Vitamina B12	0 mg
Hierro	0 mg
Vitamina C	1 mg
Calcio	1 mg
Vitamina B3	0 mg

Fuente: Autores

**2.2.1.1** *Tipos de bebidas refrescantes.* Existen diferentes tipos de bebidas refrescantes que se pueden encontrar en el mercado, de acuerdo a la legislación española se ha clasificado de la siguiente manera:



***Agua carbonatada.*** Este tipo de bebida es llamada de esta manera por constituir la mezcla de agua con anhídrido carbónico, es transparente e incolora, también puede añadirse a la mezcla original bicarbonato sódico, en este caso se denomina agua de soda. (ANFABRA, 2011)

***Agua aromatizada.*** Este tipo de bebida es la mezcla de agua, aromas y cloruro sódico, pueden estar compuestas de anhídrido sódico, son bebidas incoloras.

***Gaseosas.*** Es la mezcla de agua, anhídrido carbónico, aromas, azúcares, y colorantes, son bebidas transparentes. (ANFABRA, 2011)

***Bebidas refrescantes aromatizadas.*** Son elaboradas con agua, anhídrido carbónico, azúcares y colorantes artificiales. Son bebidas coloreadas, presentan diferentes aromas dependiendo de los aditivos utilizados, pueden además contener zumos de frutas y/o derivados lácteos. (ANFABRA, 2011)

***Bebidas refrescantes de extractos.*** Son preparadas en base a agua, gasificada o no con anhídrido carbónico, zumo de frutas, agentes aromáticos naturales y aditivos autorizados. (ANFABRA, 2011)

***Bebidas refrescantes de disgregados de frutas.*** Este tipo de bebidas son elaboradas con agua potable, gasificada o no con anhídrido carbónico, disgregados de frutas, azúcares, aromas y otros aditivos autorizados. (ANFABRA, 2011)

***Bebidas refrescantes mixtas.*** Es el resultado de la mezcla de alguna de las bebidas refrescantes anteriores con productos alimenticios. (ANFABRA, 2011)

***Bebidas refrescantes para diluir.*** Son aquellos productos que al diluirse en agua potable, se obtiene alguna de las bebidas anteriores. (ANFABRA, 2011)

***Bebidas refrescantes sólidos.*** Son productos en estado granular que al ser mezclado con agua se obtiene alguna de las bebidas refrescantes anteriores excepto las bebidas para diluir, puede añadirse azúcares y/o colorantes artificiales. (ANFABRA, 2011)

**2.2.1.2 Proceso de fabricación.** La fabricación de refrescos implica una serie de operaciones.

***Tratamiento de agua potable.*** El agua que proviene del abastecimiento local, debe ser sometida a tratamientos fisicoquímicos, como decantación, filtración, cloración, etc. Además la empresa debe analizar el agua de entrada a la planta y adecuar las características para usarlas en la fabricación de refrescos. Los principales tratamientos que realiza la empresa son filtros de arena, filtros de carbón, filtros pulidores y la des-aireación, ya que estos permiten la correcta carbonatación.

***Preparación del jarabe simple de azúcar.*** Este proceso consiste en la mezcla y el cocimiento de agua con azúcar durante 30 minutos, ya obtenido el jarabe es filtrado y decolorado dependiendo de la calidad del azúcar.

***Preparación del jarabe terminado.*** Esta etapa consiste en agregar al jarabe simple, otros azúcares y aditivos alimenticios, preparados, aromáticos y preservantes dependiendo de la formulación requerida. Los preparados aromáticos son los que otorgan el aroma y sabor característicos a las bebidas.

***Preparación de la bebida terminada.*** Esta etapa consiste en mezclar el jarabe terminado, el agua tratada en proporciones adecuadas, las proporciones dependen de la bebida a elaborar. Si la bebida no tiene gas se somete a un tratamiento térmico de pasteurización aséptica, asegurando de esta forma la calidad microbiológica, posterior a esto se envasa.

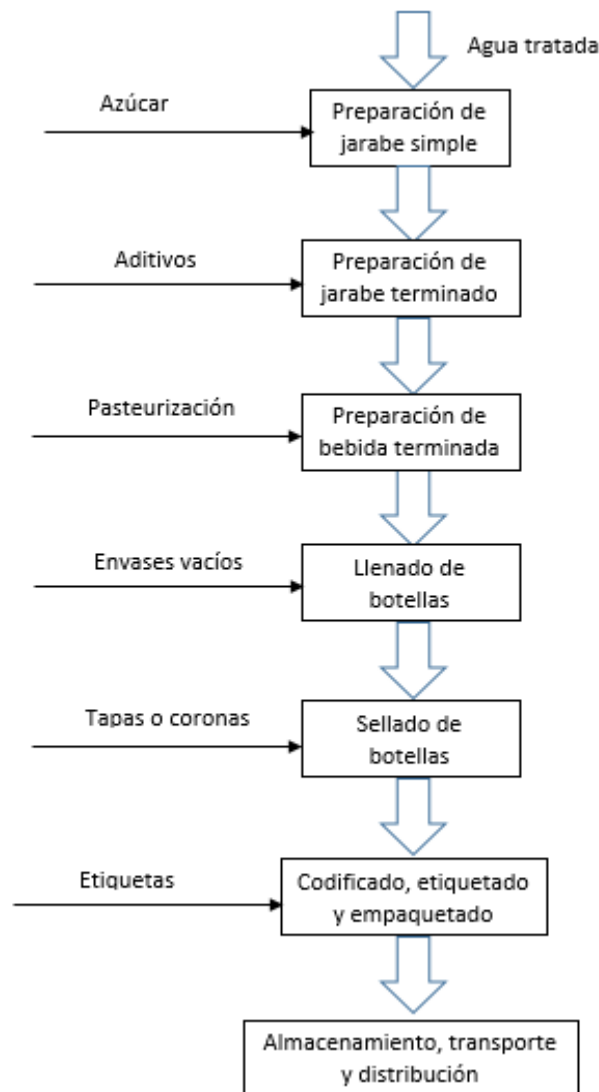
***Recepción y preparación de envases.*** Los envases utilizados para el empaque de las bebidas, son sometidas a un proceso de lavado y desinfección, generalmente el lavado se realiza en máquinas de lavado automáticas, inmersión de soda cáustica y luego enjuague, después de esto los envases son inspeccionados individualmente para comprobar la eliminación de líquidos residuales, este proceso puede ser realizado mediante inspectores electrónicos o personal capacitado adecuadamente para ello.

***Llenado y cerrado.*** El llenado es el proceso mediante el cual se dispensa el refresco a cada uno de los envases individuales, después de esto se procede a inspeccionar el nivel y el volumen sean correctos.

***Codificado, etiquetado y empaquetado.*** El codificado de las bebidas se realiza sobre el envase, tapón o sobre la etiqueta. Luego se agruparán en cajas, palets u otras presentaciones para su posterior almacenamiento y distribución, igual estos son codificados.

**Almacenamiento, transporte y distribución.** Después del envasado y etiquetado, estos pasan al almacén de la fábrica para luego ser distribuidos, en un ambiente fresco para mejorar la conservación del producto

Figura 10. Diagrama proceso productivo de refrescos



Fuente: Autores

**2.2.1.3 Tipos de envases.** Los envases utilizados en los refrescos han evolucionado durante el tiempo, asegurando de esta forma la calidad y seguridad de las bebidas, al igual que facilita el consumo de las mismas, los envases constituyen un elemento importante ya que la finalidad de estos es proteger al producto de microorganismos, insectos y otros elementos contaminantes, además ayudan a mantener el sabor del producto. (ANFABRA, 2011)

Las principales funciones que cumplen los envases son las siguientes:

- Contener y transportar las bebidas refrescantes por las estaciones encargadas de la fabricación.
- Proteger las bebidas de daños físicos y químicos.
- Informar al consumidor acerca de las características, composición del producto.

El envase a ser utilizado para el empaquetado de las bebidas refrescantes depende de la elección del fabricante, en la siguiente tabla se puede observar la preferencia existente por parte de los fabricantes al momento de seleccionar el material del envase para los refrescos:

Figura 11. Envases más utilizados para bebidas refrescantes

Material	Utilización
Plástico PET	50%
Metal	30%
Vidrio	15%
Rellenable	11,85%
No rellenable	3,15%
Envases Dispensadores	4%
Acero rellenable	0,44%
BIB no rellenable	3,56%
Cartón para bebidas	1%

Fuente: (ANFABRA, 2011)

#### 2.2.1.4 Requisitos de los refrescos

**Requisitos físico – químicos.** De acuerdo (Normalización, 2008) luego de los ensayos realizados en los refrescos, deben cumplir los siguientes requisitos:

Tabla 2. Requisitos físicos - químicos

	Min.	Método de ensayo
Sólidos solubles, % * a)	7,0	NTE INEN 380
pH	2,0	NTE INEN 389
Acidez titulable, g/100 cm <sup>3</sup> b)	0,10	NTE INEN 381

Fuente: (Normalización, 2008)

**Requisitos microbiológicos.** El producto debe estar libre de microorganismos o de sustancias originadas por estos que representen un riesgo para salud, debe cumplir los siguientes requisitos.

Tabla 3. Requisitos microbiológicos

	n	m	M	c	Método de ensayo
Coliformes NMP/cm <sup>3</sup>	3	< 3	-	0	NTE INEN 1529-6
Coliformes fecales NMP/cm <sup>3</sup>	3	< 3	-	0	NTE INEN 1529-8
Recuento estándar en placa REP UFC/cm <sup>3</sup>	3	1,0 x 10 <sup>2</sup>	1,0 x 10 <sup>3</sup>	1	NTE INEN 1529-5
Recuento de mohos y levaduras UP/cm <sup>3</sup>	3	5,0 x 10 <sup>1</sup>	-	0	NTE INEN 1529-10

Fuente: (Normalización, 2008)

**Contaminantes.** Los límites de contaminantes permitidos en los refrescos son presentados en la siguiente tabla:

Tabla 4. Contaminantes

	Límite máximo, mg/l
Arsénico, como As	0,01
Plomo, como Pb	0,01
Mercurio, como Hg	0,0
Cobre, como Cu	1,0
Hierro, como Fe	0,3 1 <sup>(1)</sup>
Estaño, como Sn	$\frac{20}{150}$ <sup>(1)</sup>
Aluminio, como Al	0,3 5,0 <sup>(1)</sup>
<sup>(1)</sup> Para refrescos envasados en envases metálicos.	

\* En conformidad con las NTE INEN 1 101 y 1 108.

Fuente: (Normalización, 2008)

**2.2.2 Técnicas de envasado.** Las envasadoras son aquellas máquinas encargadas de realizar un proceso, el cual consiste en colocar el envase adecuadamente y agregar el producto en el interior de los mismos, dependiendo de las necesidades del cliente, existen diferentes tipos de envasadoras.

**2.2.2.1 Envasado lineal.** El método de envasado lineal está orientado para lograr velocidades de producción moderadas, presenta facilidad de montaje y cambio para envasar productos en diferentes presentaciones, debido a la facilidad que presenta este tipo de maquinaria para regular la altura de los dosificadores de acuerdo al producto a envasar.

Figura 12. Envasado lineal



Fuente:[http://1.bp.blogspot.com/\\_895vPZocokg/SKT0JRchylI/AAAAAAAAAI4/XaSZhFc40g8/s1600/esquema%2Bsituacion%2Bproceso.bmp](http://1.bp.blogspot.com/_895vPZocokg/SKT0JRchylI/AAAAAAAAAI4/XaSZhFc40g8/s1600/esquema%2Bsituacion%2Bproceso.bmp)

A continuación se detalla los sistemas de transporte lineales que se encuentran disponibles para este tipo de envasadoras.

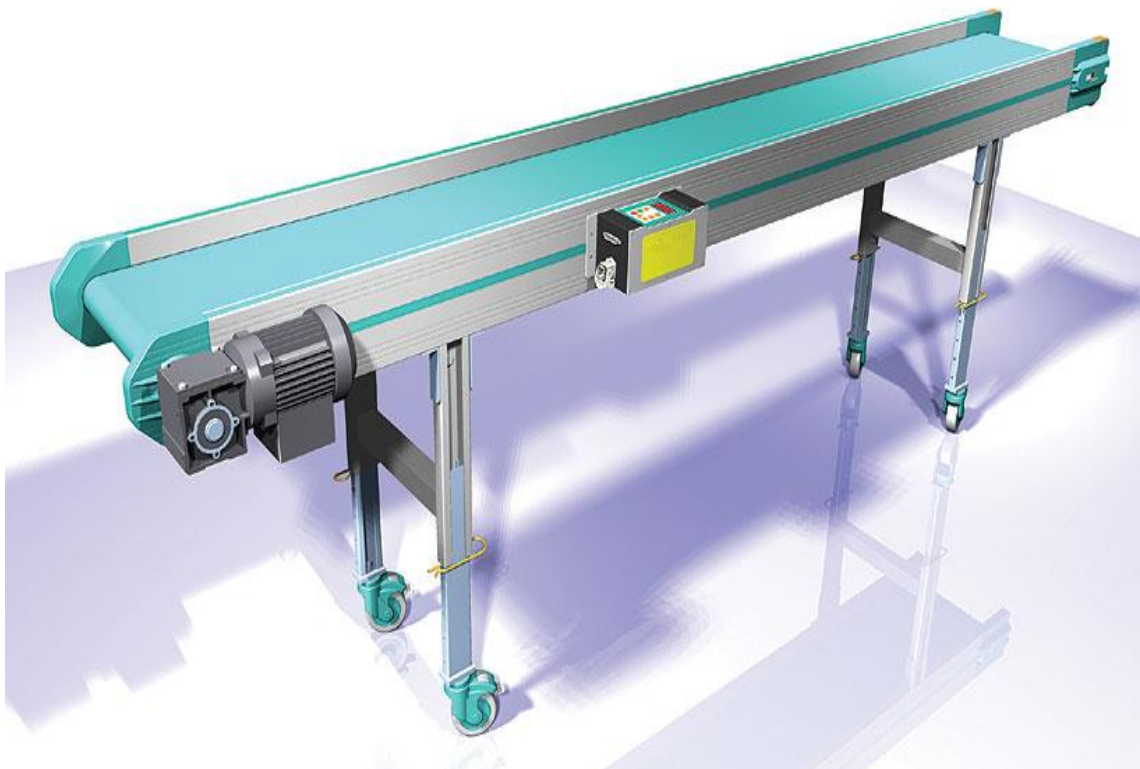
**Transportadora de banda.** El transporte de banda se emplea ampliamente en la producción en cadena, estos equipos están destinados mayor mente al transporte de materiales grandes

y medianos, materiales movedizos, en polvo, así también como transporte de piezas en dirección horizontal.

La transportadora de banda consta de los siguientes elementos:

- Banda transportadora.
- Tambores.
- Rodillos de apoyo.
- Conjunto de atesado.
- Conjunto de transmisión.

Figura 13. Transportadora de banda



Fuente:<http://www.espacioplastico.com/images/productos/bdde992aba566ab227f51c2932c5c7ec.jpg>

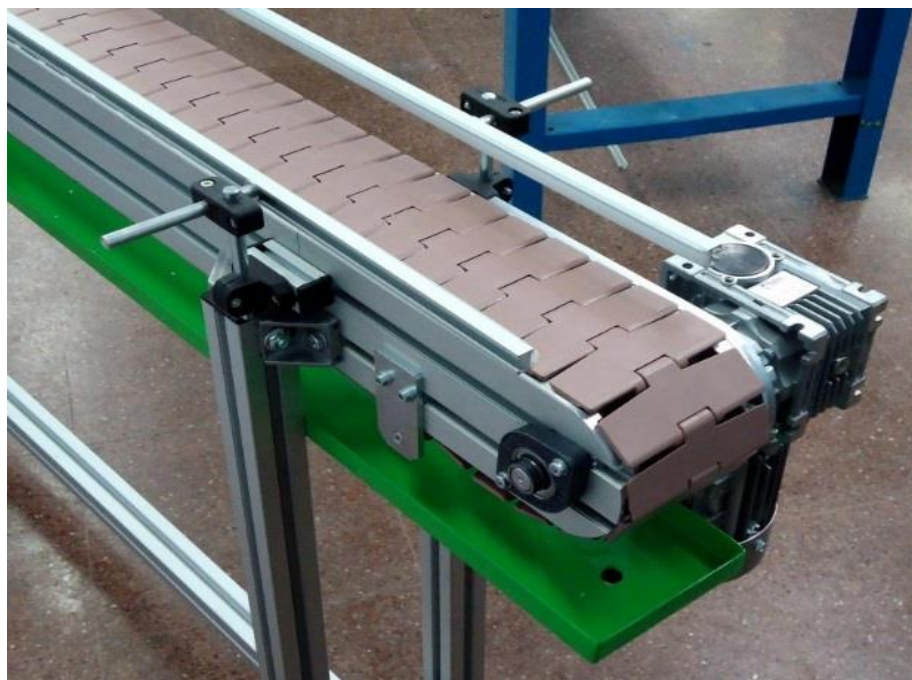
***Transportadora de placas articuladas.*** Los transportadores de placas articuladas son utilizados mayormente para movilizar materiales abrasivos, calientes, de tamaño grande

y mediano, así como cargas grandes y pequeñas por piezas. El uso de este tipo de transportadora está ligado principalmente a la industria minera, carbonífera, energética, azucarera, etc.

El transportador de placas articuladas consta de los siguientes elementos:

- Parte móvil del transportador con dos cadenas de tracción.
- Catalinas de transmisión.
- Motor eléctrico.
- Reductor.
- Trasmisión dentada abierta.
- Catalinas finales.
- Dispositivo de tensión.
- Barras guías.
- Bancada del transportador.

Figura 14. Transportadora de placas articuladas



Fuente:[http://www.tnmodularconveyor.com/uploads/images/Transportadores%20de%20cadena%20de%20charnelas/DSC01766\\_1.JPG](http://www.tnmodularconveyor.com/uploads/images/Transportadores%20de%20cadena%20de%20charnelas/DSC01766_1.JPG)



**Transportadora de rodillos.** Los transportadores de rodillos se utilizan para movilizar diversas cargas envasadas y por piezas, es decir, conjuntos y piezas de las máquinas y mecanismos. Los transportadores de este tipo se utilizan ampliamente en los talleres de preparación y fabricación de elementos mecánicos, en los talleres de laminado de fábricas metalúrgicas, en las industrias ligeras, alimentaria y en almacenes de transporte de mercadería.

Los transportadores de rodillo se clasifican en dos grupos de acuerdo a sus particularidades:

**Transportadores sin transmisión.** En estos tipos de transportadores el movimiento de la carga se origina debido a la acción de su propio peso, como consecuencia de una pequeña inclinación de la superficie del transportador hacia el lado del movimiento.

Figura 15. Transportadora de rodillos sin transmisión



Fuente: [http://es.uline.mx/images/product/Medium/H\\_3411\\_M.jpg](http://es.uline.mx/images/product/Medium/H_3411_M.jpg)

**Transportadores de transmisión.** En el transportador con transmisión los rodillos rotan mediante la propulsión de un motor eléctrico o a través de transmisiones dentadas acopladas mediante el uso de cadenas, correas o por cables desde una transmisión general.

Figura 16. Transportador de rodillos de transmisión



Fuente: [http://www.cintasa.com/imagen/productos/rodillo-accionado/conjunto\\_2.jpg](http://www.cintasa.com/imagen/productos/rodillo-accionado/conjunto_2.jpg)

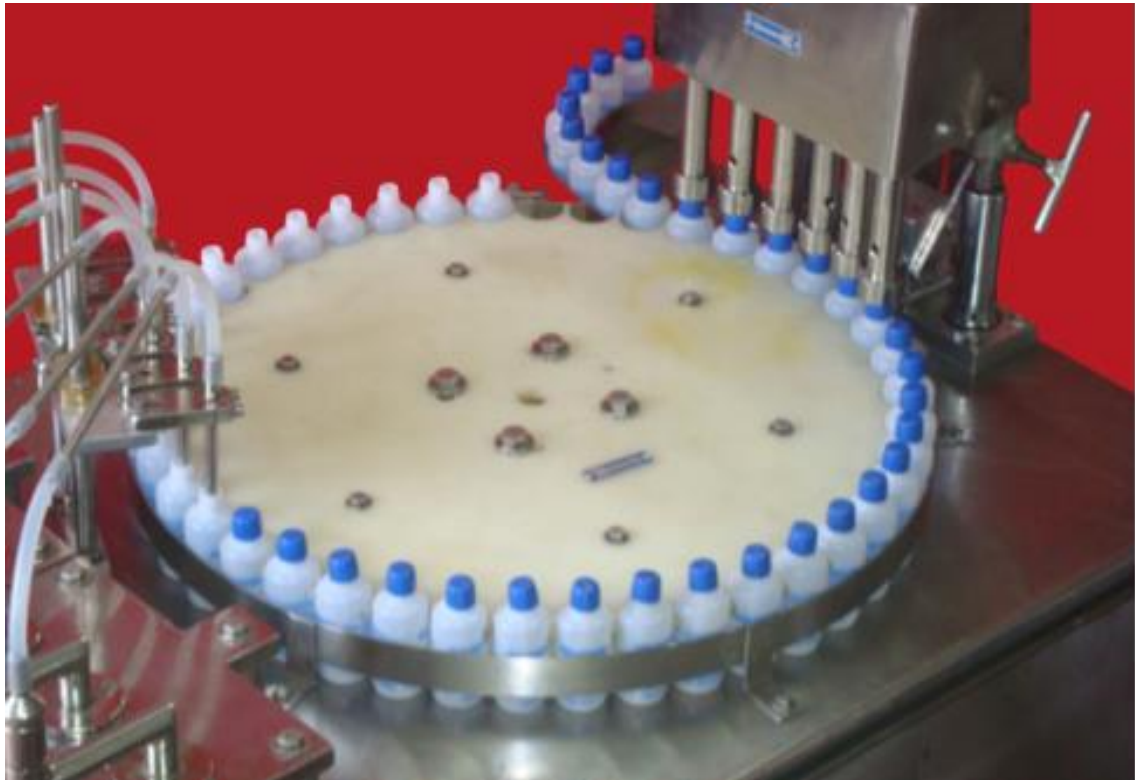
***Análisis de la mejor alternativa para transportadores lineales.*** Una vez detallados los tipos de transportadores líneas que podrían satisfacer nuestra necesidad del transporte de los envases plásticos PET analizaremos las cuál de estos podrá cubrir de mejor manera nuestros requerimientos.

- La industria alimenticia exige que la maquinaria esté elaborada en su mayoría de acero inoxidable, lo cual es un problema para la banda transportadora, no así con la de placas articuladas y rodillos.
- El transporte por piezas de elementos medianos significa un problema muy serio para el transportador de rodillos pues la separación entre rodillo y rodillo podrían ocasionar que los envases se volteen.
- Los transportadores de placas móviles acoplan de mejor manera los envases, además de que proveen una velocidad de transporte constante, estable y ofrece una facilidad de detención de la cinta.

Por lo tanto podemos concluir que la mejor alternativa de los transportadores lineales son aquellos de placas articuladas, mismo que utilizaremos para realizar el análisis comparativo con el transportador rotativo y tomar la mejor alternativa.

**2.2.2.2 Envasado rotativo.** El proceso de envasado rotativo está diseñado para envasar grandes lotes con una velocidad de producción muy alta. Es un sistema más rígido al momento de cambiar el tipo de envase debido a la gran cantidad de piezas que deben ser sustituidas dependiendo del tamaño del envase, el principal elemento a ser sustituido es la mesa rotativa que debe ser reemplazada de acuerdo a la necesidad.

Figura 17. Envasadora de mesa rotativa



Fuente: [http://www.fedanmaquinas.com.br/destaques/img\\_g/23.jpg](http://www.fedanmaquinas.com.br/destaques/img_g/23.jpg)

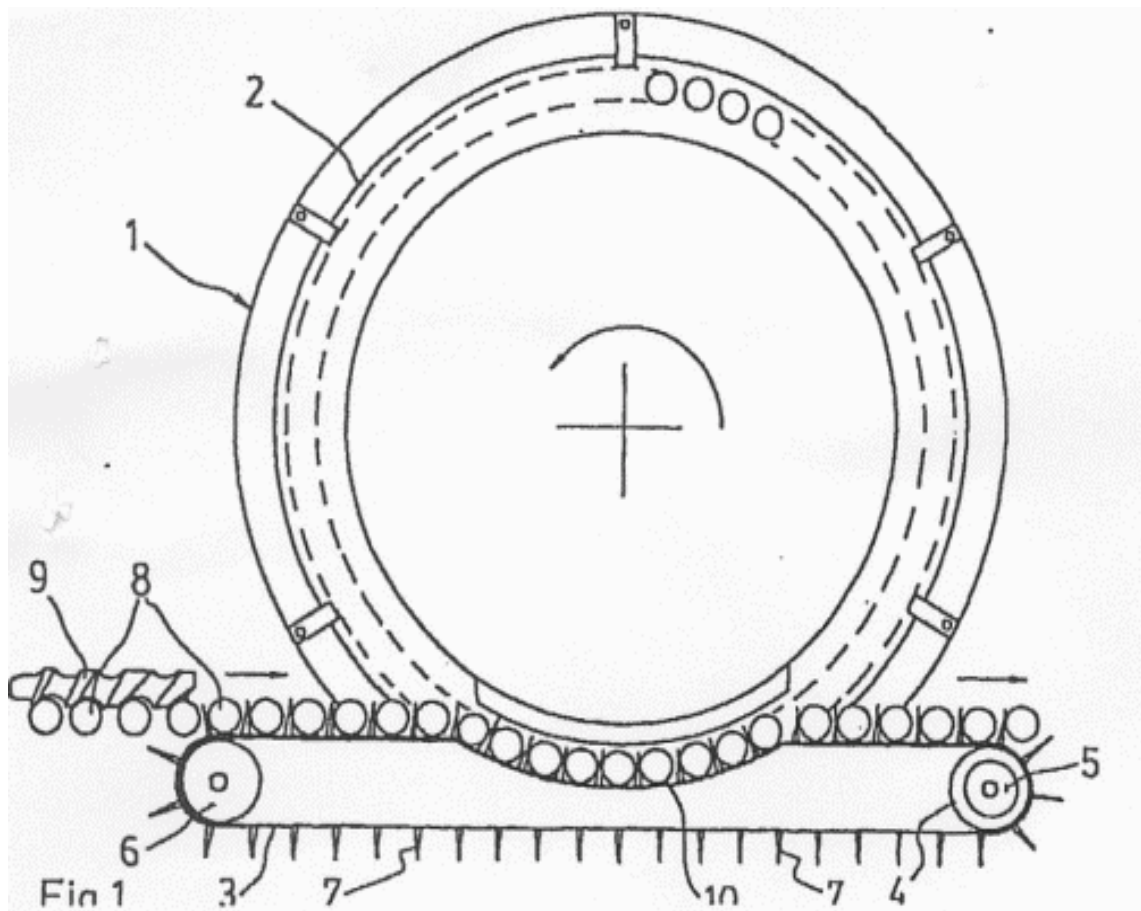
**Transportadores Rotativos.** Los transportadores rotativos son mecanismos de transferencia ampliamente utilizados en los sistemas de producción en cadena altamente automatizados. Estos sistemas son utilizados cuando la cantidad de máquinas a alimentar es limitada. Al girar la mesa las piezas avanzan de una máquina a la siguiente. La alimentación reiterada de piezas se lo realiza en el mismo sector circular.

Las partes básicas que constituyen este tipo de transportadores se detallan a continuación:

1. Tambor rotativo.
2. Alojamientos para la recepción de los envases.

3. Transportador conformado por una cadena de eslabones.
4. Moto reductor.
5. Piñón de reenvío.
6. Piñón de reenvío de giro libre.
7. Empujadores para recoger los envases.
8. Zona de recepción de los envases.
9. Alimentador de envases.
10. Trayectoria curva descrita por la cadena.

Figura 18. Esquema de un transportador rotativo

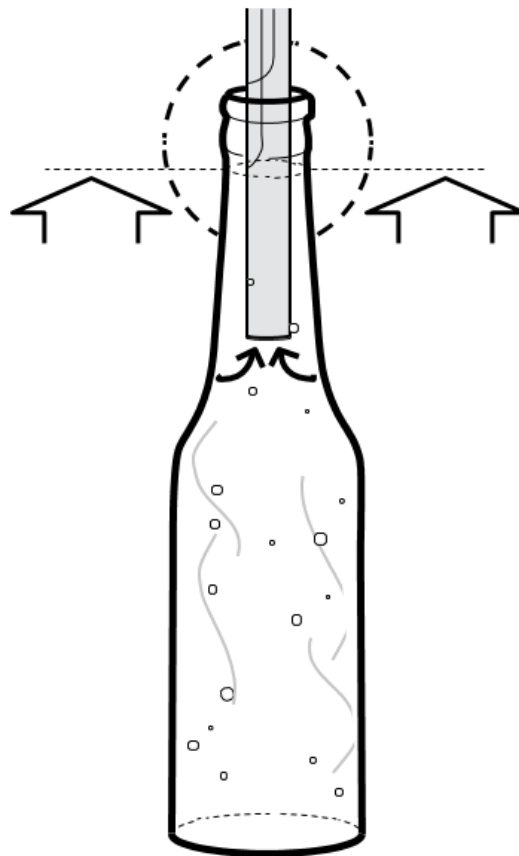


Fuente: <http://patentados.com/img/2001/transportador-de-envases-para-maquinas-llenadoras.png>

### 2.2.3 Métodos de llenado

**2.2.3.1 Llenado por nivel.** Este tipo de llenado es utilizado para productos finos o espumosos que generalmente son los líquidos utilizados para la limpieza, consiste en la compensación por variaciones de volumen de los envases, el contenedor del producto debe estar colocado en un lugar en el cual se transporte el fluido sin necesidad de dispositivos de empuje, es recomendable mantener un nivel de producto adecuado para garantizar el adecuado funcionamiento del sistema.

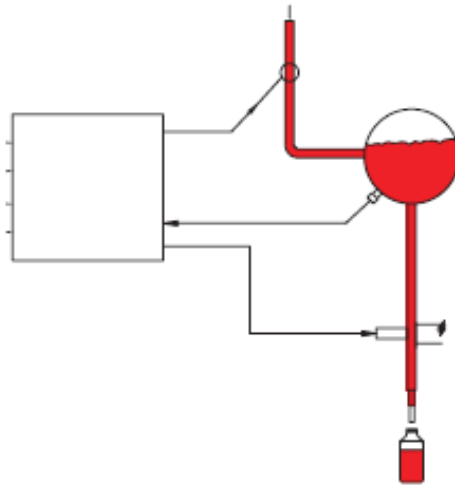
Figura 19. Esquema de llenador por nivel



Fuente: [http://www.ocme.it/website/get\\_download.aspx?ctrb\\_id=574](http://www.ocme.it/website/get_download.aspx?ctrb_id=574)

**2.2.3.2 Llenado por presión.** Este tipo de llenado consiste en controlar el flujo del líquido a través de la tubería, el colector debe ser ubicado en la parte superior de los dosificadores, el líquido permanece en el colector mientras que este se encarga de alimentar los tubos, se debe aprovechar las tuberías y sus diámetros de tal manera que se pueda aumentar o disminuir la presión de acuerdo a los requerimientos.

Figura 20. Esquema de llenado por presión



Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/chinabase-machinery-hangzhou/motorreductores-electricos-tornillo-sin-fin-helicoidal-55875-611990.html>

**2.2.3.3 Llenado por pistón.** Este tipo de llenado es utilizado para una extensa gama de productos, las máquinas diseñadas en base a este principio son de una estructura robusta.

Figura 21. Llenador por pistón



Fuente: [http://www.postpacksl.com/objetos/productos/dosificadoresH\\_A.jpg](http://www.postpacksl.com/objetos/productos/dosificadoresH_A.jpg)

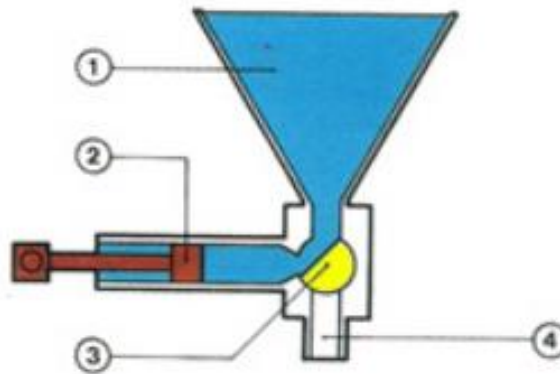
El sistema de llenado de pistón consta de las siguientes partes constitutivas:

1. Válvulas de bola
2. Pistón dosificador



3. Tubo entrada
4. Tubo salida

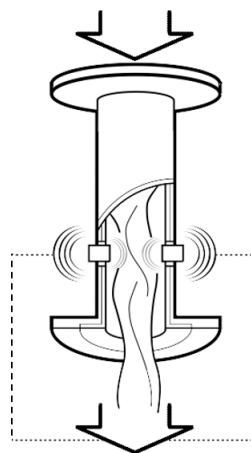
Figura 22. Esquema constitutivo del llenado por pistón



Fuente: [http://www.postpacksl.com/objetos/productos/dosificadoresH\\_B.jpg](http://www.postpacksl.com/objetos/productos/dosificadoresH_B.jpg)

**2.2.3.4 Llenado volumétrico.** Este tipo de sistema consiste en medir el volumen del producto que ingresa en la botella mediante la utilización de un medidor de caudal ya sea este un sensor magnético o másico colocado en el dosificador.

Figura 23. Esquema de llenador volumétrico



Fuente: [http://www.ocme.it/website/get\\_download.aspx?ctrb\\_id=574](http://www.ocme.it/website/get_download.aspx?ctrb_id=574)

**2.2.3.5 Llenado con llaves electro neumáticas.** Este tipo de llenado consiste en abrir la boquilla mediante un controlador automático en el cual se preestablecerá el tiempo

específico dependiendo del tamaño del envase, tiempo en el cual el líquido es colocado en la botella y así lograr el volumen de llenado requerido. Un llenado adecuado depende de tres fases que son tiempo de llenado, presión del flujo del líquido y la velocidad de llenado.

Figura 24. Llenado por llaves electro neumáticas



Fuente: <http://www.palvi.com.mx/gallery/dosificador.jpg>

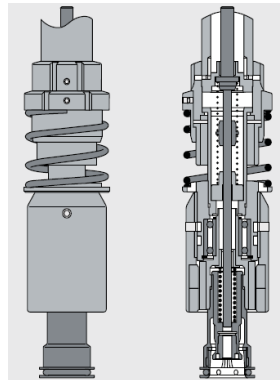
**2.2.4 Tapado o roscado de botellas.** Los equipos utilizados para la dosificación de líquidos y el envasado de los mismos, estos pueden ser automáticos o semiautomáticos, además que cumplen con las necesidades de esta manera se puede garantizar la calidad del producto. Algunas de las máquinas que pueden satisfacer los requerimientos son los siguientes:

**2.2.4.1 Roscadora mecánica.** Las botellas se protegen contra un giro indeseado, por medio de una correa tensora y una estrella central, las botellas PET son sujetas por el



anillo en el cuello, por puntas intercambiables que se encuentran ubicadas en la estrella de sujeción. El cabezal coloca el tapón y luego lo presiona sobre la botella, por medio de un resorte y al mismo tiempo lo enrosca, cuando este proceso termina aplicando el par de apriete necesario, un embrague interrumpe este proceso, sin sacudidas y un par de apriete constante para todas las velocidades.

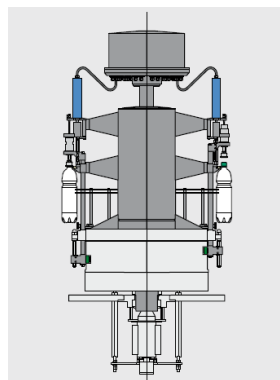
Figura 25. Esquema roscadora mecánica



Fuente: [http://www.krones.com/images/1-201411KI02\\_0040\\_ret\\_242x105.jpg](http://www.krones.com/images/1-201411KI02_0040_ret_242x105.jpg)

**2.2.4.2 Roscador electrónico.** Este tipo de roscador evita una torsión indeseada por medio de un dispositivo de anti torsión que se ubica en el cuello del envase, luego el cabezal de tapado coloca la tapa en el envase presionándolo sobre el envase, esto ocurre cuando el servomotor transmite la fuerza sobre el elemento taponador mediante una corona dentada.

Figura 26. Esquema roscador electrónico



Fuente: [http://www.krones.com/images/1\\_201407JE01\\_0092\\_Preview\\_Layout\\_242x105.jpg](http://www.krones.com/images/1_201407JE01_0092_Preview_Layout_242x105.jpg)

**2.2.4.3 Tapadora a presión.** Este tipo de sistema consta con un cilindro de doble efecto, el mismo que se encarga de aplicar el aplastamiento necesario para el ajuste correcto de la tapa sobre el envase, además de contar con electroválvulas que se encargan del control de flujo de aire tanto de salida como entrada

Figura 27. Esquema tapador a presión



Fuente: [http://www.equitek.com.mx/f/TPB\\_Sistema-de-Cerrado-de-Tapas-de-Presi%C3%B3n-por-Banda.jpg](http://www.equitek.com.mx/f/TPB_Sistema-de-Cerrado-de-Tapas-de-Presi%C3%B3n-por-Banda.jpg)

**2.2.4.4 Tapadora neumática.** Este tipo de tapadora generalmente posee una perilla de control de velocidad, posee un sistema para poder definir el torque, es decir la potencia necesaria que se aplica cada tapa para ser roscada, posee un sistema que detecta cuando la tapa esta roscada completamente esta deja de roscar automáticamente, cuenta con una parte intercambiable llamada boquilla de roscado el cual tiene medidas diferentes dependiendo del diámetro de las tapas a ser selladas.

Figura 28. Tapadora neumática



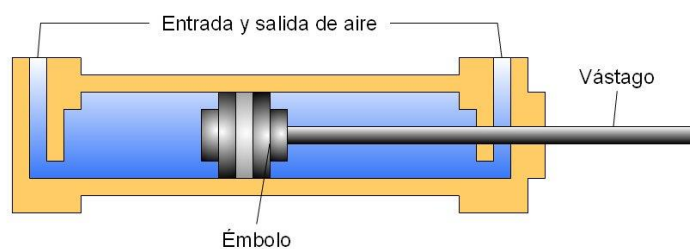
Fuente: <http://www.cl.all.biz/img/cl/catalog/30838.jpeg>

**2.2.5 Accionamiento del cabezal de dosificación.** El cabezal de dosificación debe realizar un movimiento que consiste en subir y bajar, primeramente se encuentra posicionado arriba por lo que para realizar el proceso de dosificación se requiere que el cabezal baje hasta que los dosificadores se posicionen en los envases y los llenen completamente con el refresco, posteriormente al terminar este proceso, el cabezal debe subir y quedarse en la posición inicial hasta que nuevamente deba realizar la dosificación de envases y así sucesivamente. El accionamiento del cabezal de dosificación se puede realizar con la ayuda de diferentes piezas o elementos.

**2.2.5.1 Accionamiento neumático.** El movimiento del cabezal de dosificación también puede realizarse con la ayuda de elementos utilizados para la automatización de procesos, el más utilizado es el cilindro neumático que es capaz de producir fuerza acompañado a menudo con movimiento, son dispositivos motrices en equipos neumáticos que transforman la energía estática del aire a presión realizando avances o retrocesos en una dirección rectilínea. Existe una variedad de cilindros dependiendo de su tamaño, función y aspecto que se pueden definir en dos grupos principales:

**Cilindro doble efecto.** El cilindro de doble efecto tiene la característica que sus movimientos tanto de salida como entrada se realizan gracias al aire comprimido, es decir, que el aire comprimido ejerce su acción en las dos cámaras del cilindro, de esta forma se puede realizar trabajo en los dos sentidos del movimiento, su campo de aplicación es mucho más extenso que los de simple efecto.

Figura 29. Esquema cilindro doble efecto



Fuente: [http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web\\_neumatica/imagenes/cilindro\\_dobleefecto.jpg](http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web_neumatica/imagenes/cilindro_dobleefecto.jpg)

**Cálculo de la fuerza.** La fuerza desarrollada por un cilindro de doble efecto al avanzar el vástago, depende del diámetro del vástago, la presión de aire y fricción.

La ecuación de la fuerza efectiva de avance es:

$$F_e = F_t - Fr \quad (1)$$

Dónde:

$F_e$  = Fuerza efectiva de avance

$F_t$  = Fuerza teórica

$Fr$  = Fuerza de fricción

La fuerza teórica se obtiene de la siguiente ecuación:

$$F_t = P_{aire} * \frac{\pi}{4} D^2 \quad (2)$$

Dónde:

$F_t$  = fuerza teórica

$D$  = diámetro del cilindro

$P_{aire}$  = presión del aire

La fuerza de fricción es:

$$Fr = 10 \% F_t \quad (3)$$

La ecuación de la fuerza efectiva de retroceso es:

$$F_{er} = F_{tr} - Fr \quad (4)$$

Dónde:

$F_{er}$  = Fuerza efectiva de retroceso

$F_{tr}$  = Fuerza teórica de retroceso

$F_R$  = Fuerza de fricción de retroceso

La fuerza de fricción es:

$$F_{tr} = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) \quad (5)$$

Dónde:

$d$ = diámetro del vástago

La fricción es:

$$F_R = 10 \% F_{tr} \quad (6)$$

**2.2.6 Finales de carrera.** Los finales de carrera trabajan como interruptores que detectan la posición de un objeto en movimiento, prácticamente se encargan de convertir una señal física en una señal eléctrica, generalmente son utilizados como elementos de seguridad, que son accionados por el contacto del objeto sobre el actuador, que envía una señal al interruptor que abre o cierra un contacto del interruptor.

La señal que emite este interruptor es para encender o apagar los contactos dependiendo de la presencia o ausencia del objeto, la alimentación del interruptor en ambientes industriales pueden ser de 12 VCC, 24 VCC, 120VCA, 240 VCA. Las salidas de los finales de carrera pueden ser electromecánica que comprenden relés o interruptores o de estado sólido como transistores, triac, entre otros, como el estado del interruptor es abierto o cerrado, deben ser conectados a salidas digitales. Los materiales del interruptor son combinados la carcasa es de fundición de acero, el rodillo generalmente construido de plástico, los contactos son fabricados en plata.

Figura 30. Final de carrera



Fuente: Autores

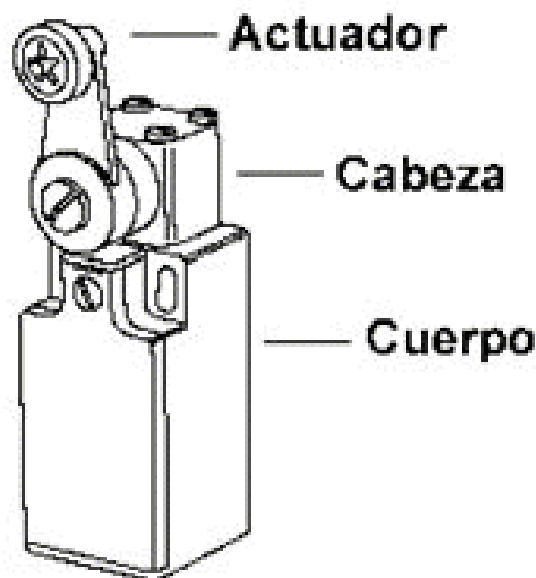
**2.2.6.1 Elementos de un final de carrera.** Un final de carrera está compuesto por diversos elementos que se describen a continuación:

**Actuador.** Es el elemento que detecta la posición del objeto-

**Cabeza.** Es el elemento sobre el cual se apoya el actuador, que se encarga de transmitir la señal a los contactos del interruptor.

**Caja.** Este elemento contiene el mecanismo, los contactos y las terminales, generalmente estas cojas son construidas con materiales resistentes a la oxidación, como pueden ser plástico, aluminio, entre otros materiales.

Figura 31. Elementos de un final de carrera



Fuente: <http://www.mescorza.com/neumatica/sensoresweb/sensores/fc1.gif>

**2.2.7 Sensores fotoeléctricos.** El principio de funcionamiento de un sensor fotoeléctrico se basa en la emisión de luz por parte del emisor que es receptado por otra parte el sensor llamado receptor, cuando un objeto es detectado este varía la cantidad de luz que emite el sensor al receptor, produciendo de esta manera un cambio en la intensidad de luz. La distancia de detección varía entre 0-20m, la alimentación del sensor varía entre 10 a 30 VCC, 15 a 264 VCA, la conexión del sensor se la realiza por cables. Generalmente los sensores de uso industrial son fabricados con un control de detección.

Figura 32. Sensor fotoeléctrico



Fuente: Autores

**2.2.7.1 Tipos de sensores fotoeléctricos.** Los sensores pueden ser clasificada de acuerdo a la barrera luminosa que se establece entre el emisor y receptor, que pueden estar alojadas en una misma base o e bases separadas de esta manera se clasifican en los siguientes tipos:

- Sensor de barrera.
- Sensor réflex.
- Sensor auto-réflex.
- Sensor de fibra óptica.

**2.2.8 PLC LG.** Un PLC (Programmable Logic Controller) es un sistema de control basado en un microprocesador, usando una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones , de esta manera se busca satisfacer las necesidades de control, lo que lo convierte en una herramienta sumamente útil y flexible, posee módulos de entrada y salida , que pueden ser digitales y analógicas .

Figura 33. PLC LG



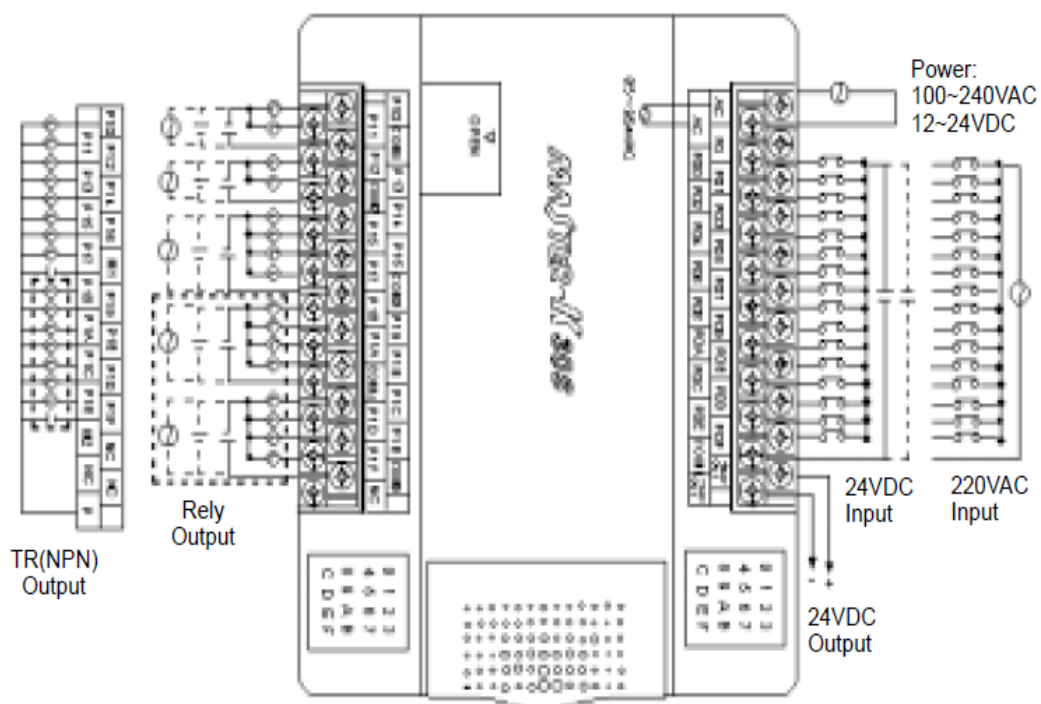
Fuente: Autores

### 2.2.8.1 Características generales de PLC LG

- Para la programación del PLC se puede utilizar varios dispositivos de programación.
- La edición en modo RUN está disponible.
- Tiene alta velocidad de procesamiento.
- Posee varios módulos especiales para los campos de aplicación del PLC.

**2.2.8.2 Estructura de un PLC.** La estructura interna de un PLC se encuentra compuesto de los siguientes bloques constructivos: la unidad central de proceso, el sistema de memoria, las interfaces de entrada/salida y la fuente de alimentación.

Figura 34. Esquema estructura de un PLC

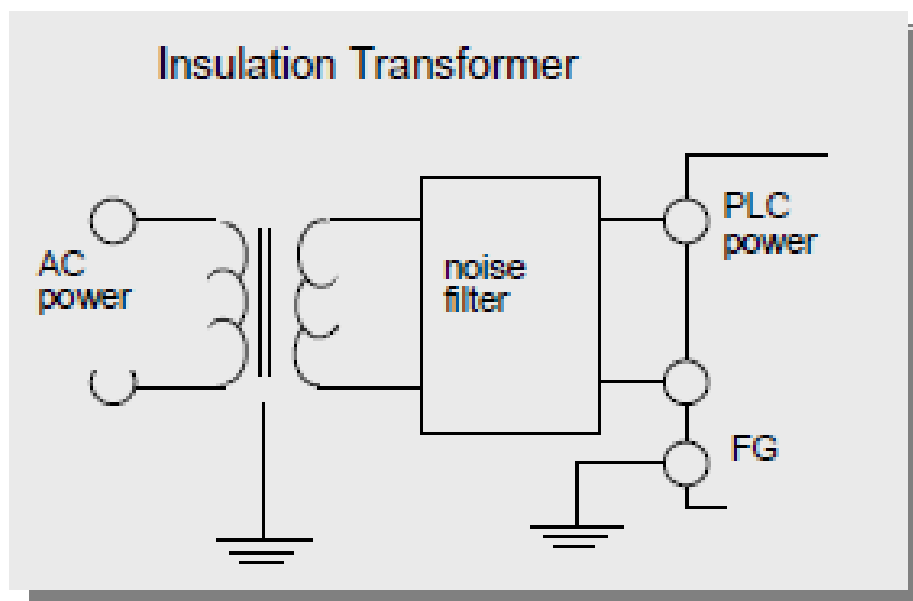


Fuente: Autores

**2.2.8.3 Suministro de energía.** Para evitar el funcionamiento incorrecto del PLC causado por el ruido externo, se coloca un transformador y un filtro de ruido. Se debe instalar el cable de alimentación y de señal deben ser instalados por separado, se debe tener cuidado de conectar el cable de la fuente de alimentación, ya que las instalaciones incorrectas puede dañar el dispositivo interno del PLC.



Figura 35. Transformador de aislamiento



Fuente: Autores

**2.2.8.4 Criterios de selección de un PLC.** Los parámetros a tomar en cuenta para seleccionar un PLC son los siguientes:

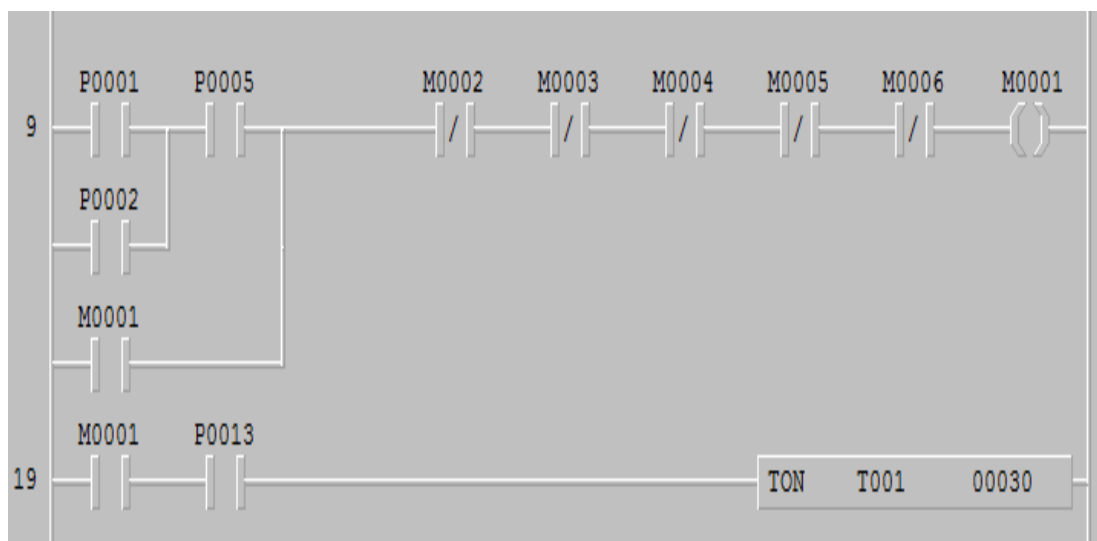
- Fuente de alimentación del PLC.
- Cantidad de entradas y salidas, si estas son analógicas o digitales.
- Tipo de lenguaje de programación del PLC.
- Disponibilidad de software para la programación del PLC.
- Disponibilidad de servicio técnico y refacciones.
- Capacidad de almacenamiento de memoria.
- Costo del PLC.

**2.2.9 Lenguajes de programación.** Se puede definir que un programa es un conjunto de instrucciones ordenadas de una forma determinada, reconocibles por el PLC, a través de su unidad de programación y de esta manera realizar la secuencia de control deseada por el usuario. Al igual que los PLCs, también los lenguajes de programación se han ido desarrollando, en la actualidad las instrucciones pueden ser computadas o realizadas a mayor velocidad.

**2.2.9.1 Tipos de lenguajes de programación.** La amplia variedad de lenguajes de programación que existía, propicio que se creara una norma que estandarizara los autómatas programables y por consiguiente los lenguajes de programación, de acuerdo a la norma IEC-1131-3 existen dos tipos de lenguaje de programación: lenguajes gráficos, lenguajes textuales.

**Diagrama Ladder (LD).** Es un lenguaje gráfico que tiene muchas similitudes al principio utilizado por los técnicos en la elaboración de cuadros eléctricos y de automatismos, un programa escrito en este tipo de lenguaje está compuesto de una serie de circuitos que son ejecutados secuencialmente por el PLC, la representación gráfica es similar a diagrama eléctrico, ya que los símbolos empleados son similares a los utilizados en estos diagrama.

Figura 36. Lenguaje ladder

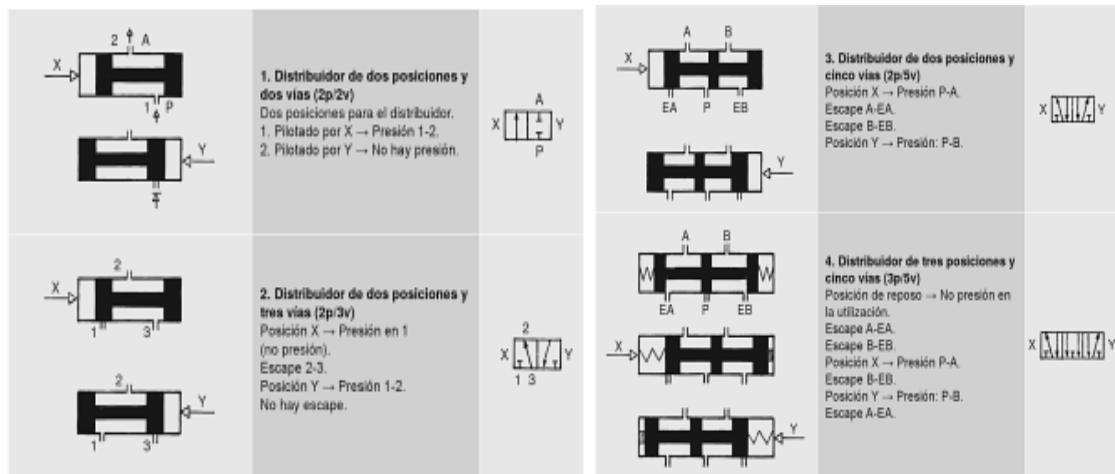


Fuente: Autores

**2.2.10 Válvulas distribuidoras.** Son elementos de accionamiento que se encargan de dirigir el aire comprimido para que los cilindros realicen diferentes maniobras como arranque, parada y cambio de sentido del pistón, el aire es dirigido a diferentes conexiones y conductos, dependiendo de la señal de mando que reciba.

La representación de estas válvulas en los circuitos, está dado por las vías y posiciones que posee dicha válvula. Las vías consisten en los conductos que puedan interconectarse por medio del distribuidor. Las posiciones vienen representadas por cuadrados o casillas.

Figura 37. Representación de válvulas



Fuente: (VILORIA, 2012)

**Condiciones de servicio de los distribuidores.** Para obtener el rendimiento correcto de los distribuidores se debe seguir las siguientes condiciones:

- Presión mínima de alimentación que debe ser suficiente para asegurar la estanqueidad de las juntas.
- Presión máxima de alimentación, que no comprometa la vida de las juntas o no provoque fugas. En las electroválvulas la presión demasiado alta puede provocar el cierre.
- Lubricación o no lubricación del aire.
- Presión mínima de pilotaje, generalmente depende de la presión de alimentación.
- Temperaturas máxima y mínima, determinadas en general por las juntas.
- Exigencia de filtración dependiendo del diámetro de los conductos internos.
- Exigencias particulares de colocación de la válvula, con correderas en posición horizontal o vertical.
- Características de las señales eléctricas de las electroválvulas, asegurándose de emplear la tensión y frecuencia correcta.

**2.2.11 Contactores.** Los contactores son utilizados generalmente como controlador el paso de corriente, para evitar el daño en los contactos por las repetidas aperturas y cierres de estos, los contactores cuentan con un sistema de protección.

**Contadores de potencia.** Es un contactor de características robustas, es decir, tiene la capacidad de accionar cargas eléctricas con un gran consumo de corriente, como motores eléctricos, entre otros.

Figura 38. Contactores de potencia



Fuente: Autores

Las partes principales fundamentales de un contactor son:

**Contactos principales.** Principalmente estos contactos abren o cierran el circuito de potencia, son hechos generalmente de aleaciones de cadmio, níquel, etc., para poder soportar los arcos eléctricos.

**Contactos auxiliares.** Son utilizados para los circuitos de control, por lo que pueden soportar bajas intensidades.

**Bobina.** Esta forma parte del circuito electromagnético junto con el núcleo, al ser energizada crea un campo magnético estableciendo un camino cerrado, que abre o cierra los contactos.

Figura 39. Partes de un contactor



Fuente: Autores

**2.2.12 Motor reductor.** Los motor reductores son equipos constituidos por un motor o elemento motriz, y un reductor, cuya finalidad es la de adaptar el movimiento motriz, a la velocidad que precisa la aplicación o máquina, ya que generalmente en los procesos industriales los motores utilizados tienen grandes velocidades y con los reductores se pueden obtener menor velocidad de salida, existe dos tipos: salida macho o salida hembra.

Figura 40. Motor reductor



Fuente: Autores

**2.2.12.1 Criterios de selección de un motor.** Los parámetros que debemos seguir para seleccionar el motor adecuado son los siguientes:

- Voltaje en las instalaciones donde va a funcionar el motor.
- Frecuencia.
- Condiciones de ambiente donde va a trabajar el motor.
- Velocidad de trabajo del motor.
- Facilidad de mantenimiento.
- Potencia del motor.
- Costo.

**2.2.13 Chumaceras.** Las chumaceras son piezas mecánicas de acero o hierro fundido que está constituida de dos mitades simétricas unidas entre sí por medio de sujetadores, en la superficie cilíndrica interior la chumacera se encuentra protegida con una capa delgada de babbitt soportada en acero.

Existen diferentes tipos de chumaceras dependiendo el tipo de material utilizado para su fabricación y de las aplicaciones que se desea realizar, como soportar el peso del eje y controlar el movimiento causado por las fuerzas desbalanceadas, fuerzas aerodinámicas y excitaciones externas de los sellos y acoples, estabilidad roto dinámica.

Figura 41. Tipos de chumaceras



Fuente: <http://www.sygma.com.mx/imagenes/chumaceras.gif>

## 2.3 Fundamentos del método de elementos finitos

En el campo de la ingeniería este método es utilizado para encontrar la solución de diversos problemas que se presentan en el diseño de algunos sistemas como pueden ser mecánicos ,eléctricos ,térmicos los mismos que requieren necesariamente análisis en campos como transferencia de calor ,flujo de fluidos, análisis de tensión que son representados por la utilización de diferentes ecuaciones concernientes a cada uno de estos fenómenos al ser resueltos se puede predecir el comportamiento que presentaran las diferentes sistemas mediante una simulación que permitirá visualizar su comportamiento .

**2.3.1 Modelo de análisis del MEF.** La idea general de este método es la división de un cuerpo en elementos más pequeños, es importante recalcar que este es un procedimiento aproximado, pero es importante resaltar que la confiabilidad de los cálculos dependen de la cantidad de elementos en los que se ha dividido el cuerpo, es decir a mayor número de elementos mayor confiabilidad tiene los resultados y por consiguiente aumenta el tiempo de cálculo, entonces las principales secciones en las cuales se divide un cuerpo para un cálculo son las siguientes:

*Dominio:* Es el espacio geométrico o cuerpo a ser analizado

*Condiciones de contorno:* Son las variables a las cuales el cuerpo se encuentra expuesto condicionando de esta manera los cambios del sistema como: temperatura, cargas, desplazamientos, etc.

*Incógnitas:* Son las variables que deseamos conocer después que las condiciones de contorno han actuado sobre el cuerpo como: tensiones, desplazamientos, etc.

**2.3.2 Procedimiento del análisis de elementos finitos usando un software.** Para realizar el análisis de un cuerpo utilizando un software es necesario seguir los siguientes pasos:

**2.3.2.1 Pre-proceso.** Esta fase consiste en el modelado del cuerpo, utilizando las herramientas CAD, definiendo las características geométricas del cuerpo, propiedades de los materiales del cual el cuerpo va a ser construido posteriormente y definir correctamente las condiciones de contorno que afectan las características del cuerpo, esta

fase también debemos realizar el proceso de discretización y luego definir la malla de rigidez, definiendo tipo, número y tamaño de los nodos que formaran dicha malla.

**2.3.2.2 Solución del análisis.** Esta fase consiste esencialmente en el proceso de análisis de los elementos finitos del modelo por el software y solución del problema , evaluando el modelo realizado en la fase anterior para verificar que no exista errores, posteriormente el software genera las ecuaciones algebraicas que gobiernan el problema, organizándola en forma de una matrices, para posteriormente ser computadas y utilizadas en variables derivadas como fuerzas de reacción, esfuerzos en los elementos.

**2.3.2.3 Post proceso.** Esta fase consiste en el análisis y evaluación de los resultados, determinando si loa mismos son lógicos y congruentes, estos se representan gráficamente por medio de una simbología de colores, permitiéndonos de esta manera apreciar los valores máximos y mínimos de las deformaciones, distribución de esfuerzos, temperatura, etc. Estas variables representan el comportamiento del cuerpo producidas por las condiciones de contorno establecidas anteriormente.



## **CAPÍTULO III**

### **3. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS**

#### **3.1 Consideraciones para la determinación de las especificaciones**

El presente proyecto tiene como finalidad solucionar las necesidades presentes en la línea de producción de refrescos de la empresa de Lácteos Santillán, que se encuentra ubicada en la provincia de Chimborazo, Ciudad de Riobamba, Parroquia San Luis.

El método actualmente utilizado en esta la fabricación de refrescos es manual, por lo que no se logra satisfacer la demanda de mercado que ha crecido de manera considerable ,por lo que la empresa se encuentra en la necesidad de buscar un método que automatice este proceso para de esta manera aumentar la producción y calidad del producto.

#### **3.2 La matriz QFD (casa de la calidad)**

El QFD “quality function deployment ” es una forma de capturar las necesidades y requerimientos del cliente que nos ayuda a conducir el proceso de diseño, además de determinar las especificaciones técnicas y requerimientos funcionales de la máquina a ser diseñada ,además el QFD es una herramienta para planificar la calidad durante el ciclo de vida

La elaboración de la casa de la calidad necesita cumplir un proceso primeramente debemos conocer la voz del cliente, que simplemente describe las características que debe cumplir el producto, estos posteriormente se los traduce a una forma técnica conocida como la voz del ingeniero.

**3.2.1 Voz del cliente.** Esta etapa es la más importante en el desarrollo del QFD, ya que de acuerdo a los requerimientos del usuario la máquina, podemos encaminar el proceso de diseño del equipo debe contar con las siguientes características:

- Llenado de los envases sin necesidad de un operario.

- Fácil colocación de tapas.
- Tapado de botellas sea fácil.
- Que produzca refrescos de 250 ml, 500 ml.
- Que los refrescos tengan el volumen y peso específico.
- Que produzco por lo menos 30 refrescos por minuto.
- Que el equipo tenga estabilidad.
- Que el equipo no sea muy pesado.
- El mantenimiento a las piezas de las máquinas sea lo más accesible posible.
- Fácil operación.
- Que sea económico.
- El producto cumpla con normas sanitarias.

**3.2.2 Voz del ingeniero.** Ya que tenemos las necesidades y requerimientos del usuario, se los va a cambiar a requerimientos técnicos o especificaciones técnicas:

- Tiempo de encendido.
- Tiempo de dosificación.
- Tiempo de tapado de botella.
- Tiempo de parada.
- Volumen de llenado.
- Torque de enroscado.
- Ciclos por minuto.
- Unidades por ciclo de trabajo.
- Peso.
- Volumen del equipo.
- Materiales.
- Ergonomía.

**3.2.3 Análisis de la casa de la calidad.** La casa de calidad ha sido desarrollada en base al procedimiento propuesto por (RIBA I., 2002), para este proyecto ha sido. En la columna A se toma en cuenta el cumplimiento del producto de la empresa, seguidamente en la columna B se realiza la evaluación del cumplimiento del producto de la competencia, seguido de la columna D la cual se encarga de establecer una relación de la demanda de los clientes y los objetivos a cumplirse, la columna E es la relación existente entre la columna D y la columna A del cual se obtiene un índice de mejora el cual debe ser mayor o igual a 1.

De acuerdo a la casa de la calidad se obtiene los siguientes resultados:

Demandas básicas: 1, 5, 6.

Demandas unidimensionales: 2, 3, 4, 9, 10, 12.

Demandas estimulantes: 7, 8, 11.

Al realizar el análisis de la competencia se determina que se debe tener mayor prioridad en las siguientes necesidades del cliente: producción de 12 botellas por minuto, los refrescos tengan el volumen y peso correcto, llenado de botellas sin operario, produzca refrescos de 250ml, 500ml, el equipo sea económico.

Al evaluar la incidencia de las características técnicas en la mejora del producto se determina que las más significativas son: velocidad de llenado, velocidad de transporte, unidades por ciclo, cantidad de accesorios, fiabilidad y mantenimiento. Ver (Tabla 5. Casa de calidad)

**3.2.4 Conclusiones de la matriz QFD.** Con el resultado obtenido de la matriz QFD, los requerimientos técnicos más importantes son los siguientes:

- Automatización
- Dosificación
- Volumen de llenado
- Torque de roscado
- Materiales
- Ergonomía

Tabla 5. Casa de calidad

[illegible]

**3.2.5 Especificaciones técnicas.** Con el resultado obtenido de la matriz QFD, los requerimientos técnicos más importantes son los siguientes:

Tabla 6. Especificaciones técnicas

Empresa cliente: PRASOL			<b>Producto:</b> Envasadora de refrescos	Fecha inicial:	
Diseñadores: Alicia Sani Javier Toapanta				Última versión:	
				Página 1	
Especificaciones					
Concepto	Fecha	Propone	R/D	Descripción	
Función		D	R	Tiempo de dosificación	
		D	R	Velocidad de rotación de roscadora(180 rpm)	
Materiales		C	R	Acero inoxidable 304	
Construcción y montaje		D	R	Caudal	
		C	R	Diversidad de producción: 2 tipos de envases: 250 ml, 500 ml.	
		D	D	Tiempo de puesta en marcha 2 min	
Vida útil y mantenimiento		D	D	La máquina debe tener un 90% de confiabilidad	
		D	R	Fácil mantenimiento	
Energía		C	R	Energía eléctrica de 110 V y 220 V	
Dimensiones		C	R	Longitud total del equipo máximo 3 metros.	
Seguridad y ergonomía		C	R	El nivel de ruido debe ser de 60 dB	
		D	R	Ubicación de los componentes de control	
Propone: M=Márquetin, C=Cliente, D=Diseño, P=Producción, F=Fabricación. R/D: R=Requerimiento, D=Deseo, MR=Modificación de Requerimiento					

Fuente: Autores

### 3.3 Definición y diseño conceptual

**3.3.1 Definición del análisis funcional.** El método diseñado denominado Análisis Funcional, tiene como finalidad el reducir costos, identificar e independizar la acción que debe realizar el producto. Con esto se procura encontrar múltiples alternativas para la

realización de cada una de las funciones por lo que se concluye que el método no solo se encarga de identificar las funciones a realizarse, sino que también se centra en clasificarlas formando así el denominado árbol de funciones.

Para emplear esta metodología es necesario determinar específicamente las funciones primarias y secundarias del producto. Se considera como funciones primarias aquellas por las que el cliente adquiere el equipo mismas que en este caso es la de embotellar refrescos en distintos envases. Mientras que se considera como funciones secundarias aquellas que facilitan la correcta ejecución de la función primaria. Todas estas diversas funciones pueden ser agrupadas de tal manera que se logre obtener módulos capaces de efectuar un conjunto de funciones secundarias.

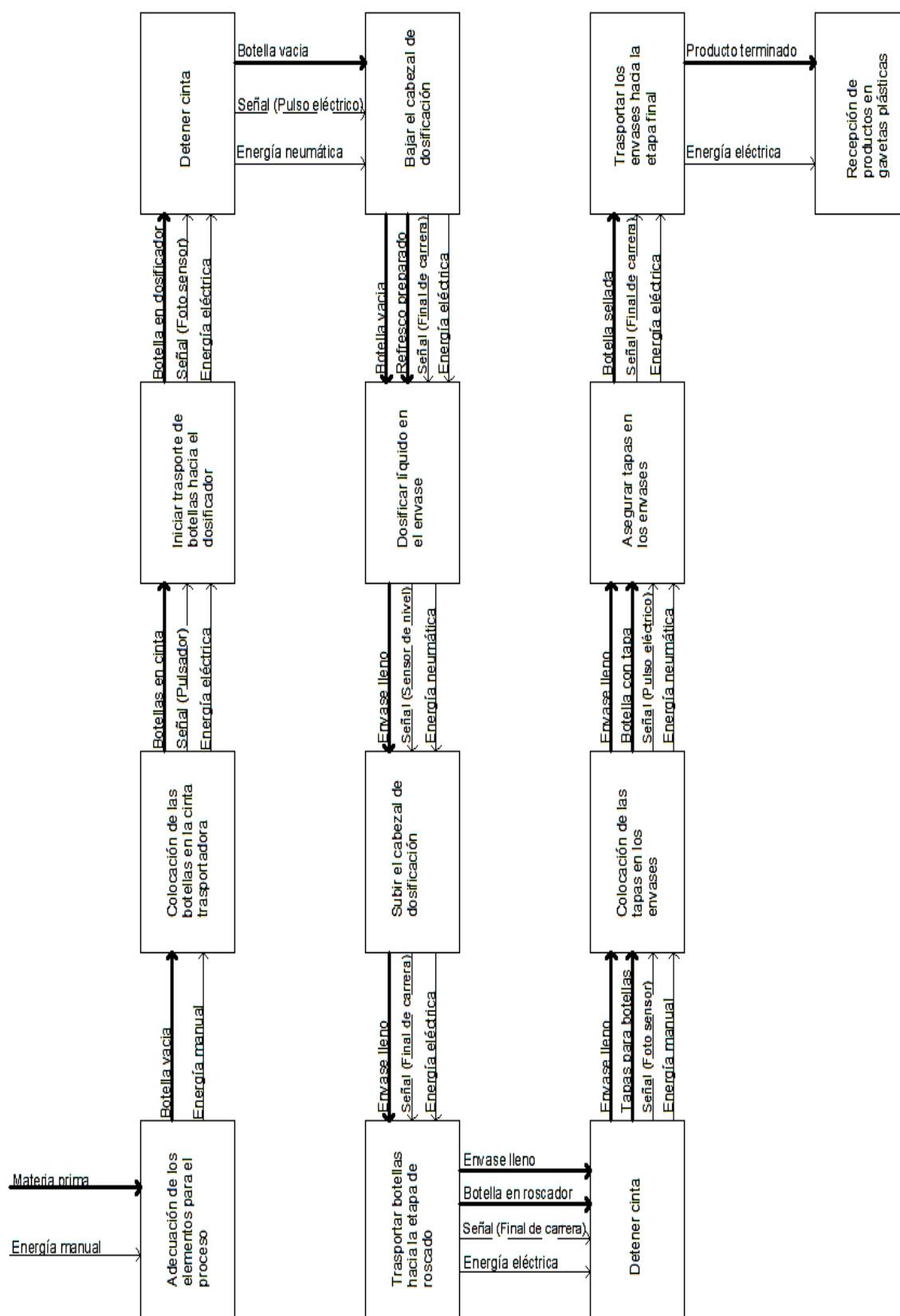
La fragmentación funcional del producto se realiza mediante el uso de los diagramas o módulos de flujo en los cuales cada recuadro representa una actividad, la misma posee entradas y salidas clasificadas en: energía, control y materia. Los módulos son representados en diversos niveles, iniciando en el nivel 0 conocido como función global y prosiguiendo hasta llegar al nivel que sea necesario. (BERNAL, 2004)

**3.3.2 *Análisis de los módulos funcionales.*** Los módulos funcionales se encuentran orientados principalmente a materializar una o varias funciones del producto y presentan una especial atención a la interface de conexión y a los flujos de señales, energía y materiales con el entorno.

La función general representa la actividad global que deberá realizar el producto que se va a diseñar. Sin embargo, esta representación es muy abreviada por lo que para obtener una representación más exacta se procederá a dividir la función global en sub-funciones y a su vez se establecerá las relaciones de flujos entre estas, formando así la denominada estructura funcional. (RIBA I., 2002)

**3.3.3 *Definición de los módulos.*** Debido a que dentro del proceso de envasado de refrescos se lleva a cabo varias funciones, es conveniente realizar una división modular. Para esto es necesario analizar cuidadosamente los diagramas funcionales mismos que permitirán determinar la división modular más apropiada tomando en cuenta las interfaces entre los flujos de señales, energía y materia.

Figura 42. Definición de módulos



Fuente: Autores

### 3.4 Posibles soluciones para cada etapa del módulo

Se ha realizado una división de todo el proceso en un solo módulo en el cual se detalla cada una de las funciones a realizar. La primera secuencia consiste en la etapa de transporte de los envases PET para refresco, empezando desde la colocación de los mismos en el inicio de la banda transportadora continuando hasta la colocación de las botellas bajo el cabezal de dosificación.

**3.4.1 Módulo 1.** Al estudiar el diagrama se establece la necesidad de un solo módulo, mismo que abarque las siguientes funciones:

- Transportar las botellas vacías hacia el cabezal de llenado.
- Dosificar el refresco en los envases.
- Transportar las botellas con refresco hacia el cabezal de roscado.
- Roscar la tapa en su lugar aplicando el torque necesario de tal manera que no se rompan los sellos de la misma.

**3.4.1.1 Transporte de los envases PET.** Para el transporte de los envases PET se ha considerado dos posibles soluciones cada una con características particulares que a continuación se detallan:

**Transportador lineal de placas articuladas.** (Ver Figura 14. Transportador de placas articuladas)

Ventajas:

- Facilidad de cambio del tamaño del envase.
- Bajo costo de mantenimiento.
- Elaborado de acero inoxidable lo que satisface los requerimientos alimenticios.
- Una sola línea de transporte.

Desventajas:

- Baja velocidad de transporte.
- Requiere un espacio amplio.



**Tambor rotativo.** (Ver Figura 17. Envasadora de mesa rotativa).

Ventajas:

- Alta velocidad de transporte.
- Requiere menor cantidad de espacio.

Desventajas:

- Para envases de diferente tamaño es necesario sustituir todo el tambor rotatorio.
- Elevado costo de mantenimiento.
- Requiere de un sistema de transporte lineal como complemento para su correcto funcionamiento.

**3.4.1.2 Sistema de dosificado.** Para el llenado de los envases se ha optado por dos sistemas de dosificación, mismos que serán analizados para determinar cuál es el más idóneo.

**Dosificador de nivel.** (Ver Figura 19. Esquema de llenador por nivel).

Ventajas:

- Volumen exacto en cada dosificación.
- Fácil mantenimiento.
- Bajo costo.

Desventajas:

- Dificultad para llenar distintos volúmenes.
- Mayor cantidad de elementos.
- Dificultad de limpieza.

**Llenado con llaves electro neumáticas.** (Ver Figura 24. Llenado por llaves electro neumáticas).

Ventajas:

- Velocidad de llenado.
- Menor cantidad de elementos.

- Fácil limpieza.
- Facilidad de automatización.

Desventajas:

- Menor velocidad de llenado.
- Dificultad para controlar el volumen fijado.
- Elevados costos de reparación.

**3.4.1.3 Sistema de roscado.** El mecanismo de roscado de los envases será seleccionado entre las dos alternativas más idóneas según los requerimientos de la empresa y del cliente.

**Roscador mecánico.** (Ver Figura 25. Esquema roscadora mecánica).

Ventajas:

- Facilidad de montaje en la máquina.
- Menor cantidad de elementos móviles.
- Fácil mantenimiento.
- Fácil limpieza.

Desventajas:

- Menor velocidad de roscado.
- Velocidad de roscado fija.

**Roscador neumático.** (Ver Figura 28. Tapadora neumática).

Ventajas:

- Gran volumen de producción.
- Control del torque de roscado.

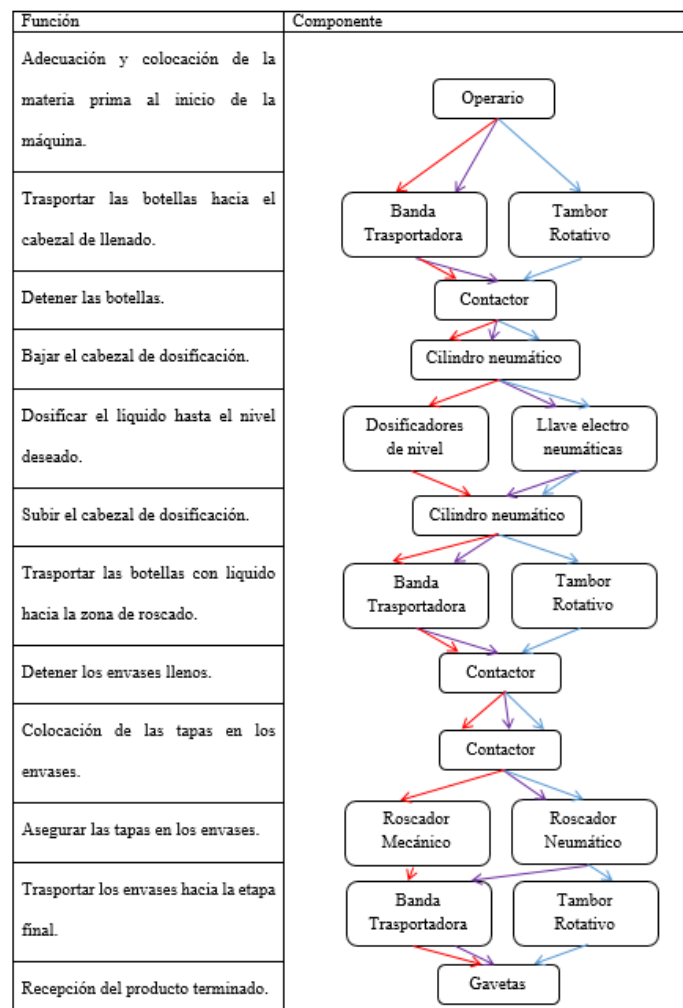
Desventajas:

- Requiere de adaptaciones y elementos extras para la sujeción de las botellas.

- Montaje especializado en la máquina.
- Mayor dificultad de mantenimiento.
- Una línea especial de aire comprimido.
- Personal especializado para su mantenimiento.

**3.4.1.4 Alternativas de módulos.** Para lograr establecer las diferentes alternativas de módulos se ha combinado entre si cada una de las posibles soluciones para las funciones establecidas. Es imprescindible notar que se ha realizado las combinaciones más importantes y compatibles entre sí.

Tabla 7. Combinación de soluciones para el módulo



Alternativa 1 Alternativa 2 Alternativa 3

Fuente: Autores

**3.4.1.5 Evaluación y selección de los módulos.** Con la finalidad de establecer la alternativa más adecuada para satisfacer de mejor manera los requerimientos, se ha empleado el método ordinal corregido de criterios ponderados.

A continuación se enlista los criterios de valoración más importantes:

- Velocidad de transporte de los envases.
- Versatilidad al cambiar sus accesorios.
- Facilidad de mantenimiento.
- Velocidad de llenado.
- Permitir el llenado de varios envases a la vez.
- Alta fiabilidad en componentes, para evitar fallas.

La evaluación se detalla en las siguientes tablas:

Tabla 8. Evaluación y selección de los módulos

	Velocidad de Transporte	Cantidad de Accesorios	Mantenimiento	Velocidad de Llenado	Unidades por Ciclo	Fiabilidad	$\Sigma+1$	Ponderación
Velocidad de Transporte		1	0,5	0,5	1	0	4	0,190
Cantidad de Accesorios	0		0,5	0	0	0	1,5	0,071
Mantenimiento	0,5	0,5		0,5	0,5	0	3	0,143
Velocidad de Llenado	0,5	1	0,5		0,5	0	3,5	0,167
Unidades por Ciclo	0	1	0,5	0,5		0	3	0,143
Fiabilidad	1	1	1	1	1		6	0,286
SUMA							21	1
Fiabilidad > Velocidad de transporte = Mantenimiento = Velocidad de Llenado = Unidades por Ciclo > Cambio de accesorios								

Fuente: Autores

A continuación se evalúa cada una de las soluciones según los criterios preestablecidos.

Tabla 9. Ponderación de la velocidad de transporte

Velocidad de Transporte	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	1	2,5	0,417
Alternativa 2	0,5		1	2,5	0,417
Alternativa 3	0	0		1	0,167
SUMA				6	1
Alternativa 1 = Alternativa 2 > Alternativa 3					

Fuente: Autores

Tabla 10. Ponderación de la cantidad de accesorios

Cantidad de Accesorios	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0,500
Alternativa 2	0		0,5	1,5	0,250
Alternativa 3	0	0,5		1,5	0,250
			<b>SUMA</b>	6	1
Alternativa 1 > Alternativa 2 = Alternativa 3					

Fuente: Autores

Tabla 11. Ponderación del mantenimiento

Mantenimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0,500
Alternativa 2	0		0,5	1,5	0,250
Alternativa 3	0	0,5		1,5	0,250
			<b>SUMA</b>	6	1
Alternativa 1 > Alternativa 2 = Alternativa 3					

Fuente: Autores

Tabla 12. Ponderación de la velocidad de llenado

Velocidad de Llenado	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0	1	0,167
Alternativa 2	1		0,5	2,5	0,417
Alternativa 3	1	0,5		2,5	0,417
			<b>SUMA</b>	6	1
Alternativa 2 = Alternativa 3 > Alternativa 1					

Fuente: Autores

Tabla 13. Ponderación de unidades por ciclo

Unidades por Ciclo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	1	2,5	0,417
Alternativa 2	0,5		1	2,5	0,417
Alternativa 3	0	0		1	0,167
			<b>SUMA</b>	6	1
Alternativa 1 = Alternativa 2 > Alternativa 3					

Fuente: Autores

Tabla 14. Ponderación de la fiabilidad

Fiabilidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0,500
Alternativa 2	0		1	2	0,333
Alternativa 3	0	0		1	0,167
SUMA				6	1
Alternativa 1 > Alternativa 2 > Alternativa 3					

Fuente: Autores

Tabla 15. Selección de la alternativa mejor ponderada

Finalmente, se realiza la evaluación total según la ponderación establecida.

Conclusión	Velocidad de Transporte	Cantidad de Accesorios	Mantenimiento	Velocidad de Llenado	Unidades por Ciclo	Fiabilidad	$\Sigma$	Prioridad
Alternativa 1	0,079	0,036	0,071	0,028	0,060	0,143	0,417	1
Alternativa 2	0,079	0,018	0,060	0,069	0,060	0,095	0,381	2
Alternativa 3	0,032	0,018	0,060	0,069	0,024	0,048	0,250	3

Fuente: Autores

De acuerdo al análisis realizado, se ha determinad que la alternativa 1 satisface de mejor manera los criterios establecidos.

**3.4.2 Selección del principio de accionamiento de la máquina.** Una vez determinadas las soluciones funcionales para cada etapa del módulo, se procede a determinar cuál será el mecanismo de accionamiento de los distintos componentes de la máquina.

- Transporte de envases.
- Cabezal de llenado.
- Sistema de roscado.

**3.4.2.1 Accionamiento del transportador.** El transportador utiliza un mecanismo de motor eléctrico y un reductor de velocidades para su accionamiento. En el mercado se puede conseguir el conjunto moto reductor motivo por el cual se deberá realizar una correcta selección teniendo en cuenta las necesidades a satisfacer.

**3.4.2.2 Elevación del cabezal de dosificación.** El cabezal de dosificación requerir de movimientos verticales tanto de subida como de bajada, para lo cual se utilizará un cilindro neumático el mismo que se encargará de elevar el cabezal a través de un sistema de ejes guías.

**3.4.2.3 Funcionamiento del dosificador.** La dosificación exacta del líquido se logra por medio del sistema mecánico que posee la boquilla. Una vez el envase se encuentra colocado debajo del dosificador este desciende e introduce en el recipiente y este a su vez ejerce presión contra el tope del mecanismo lo cual permite que se libere el inyector e inmediatamente empieza a llenar el líquido hasta el nivel que deseado y por medio de un sistema de retorno se evita el desperdicio de fluido al permitir que el exceso de líquido regrese al tanque de almacenamiento.

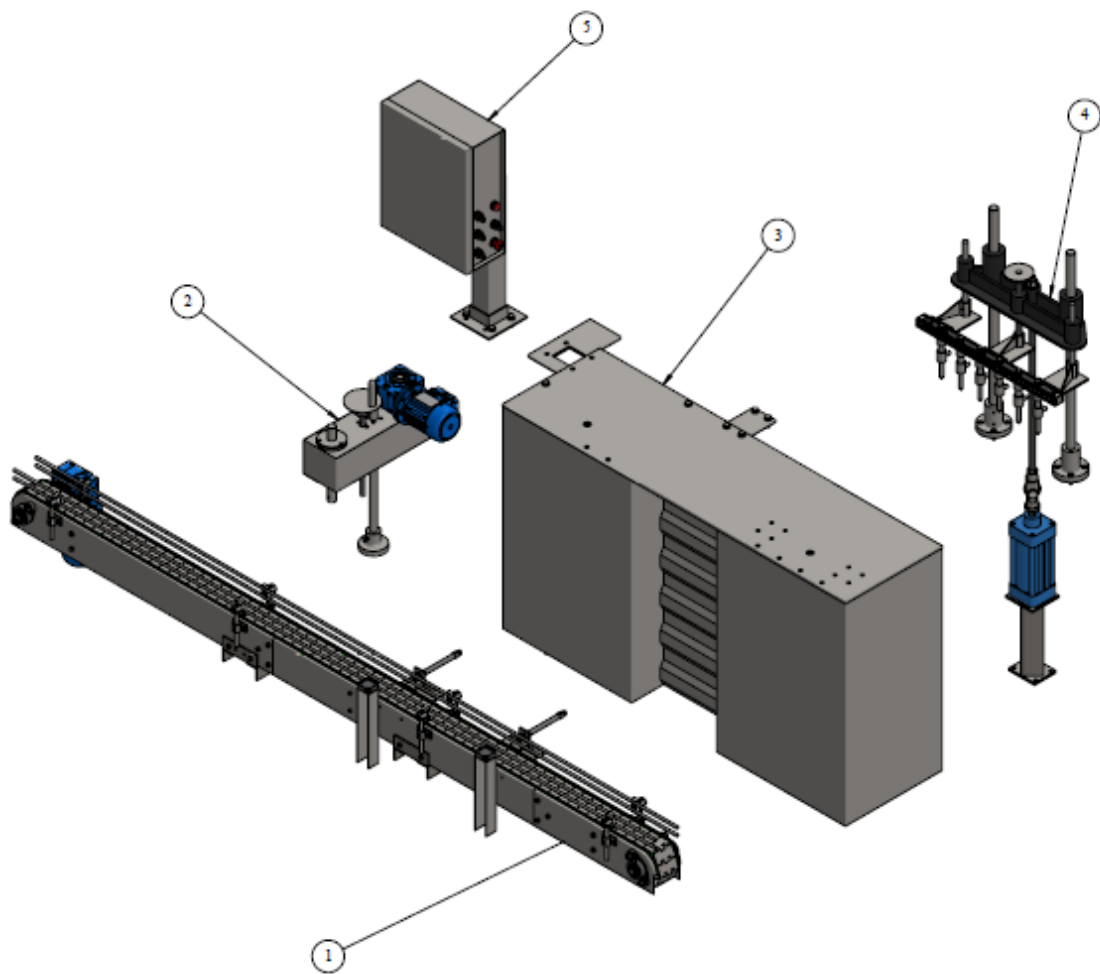
La eliminación de goteo se logra con la ayuda del ring que es colocado en el émbolo de dosificación además del rápido cierre de la boquilla que se obtiene gracias al resorte ubicado en la parte superior.

**3.4.2.4 Sistema de roscado.** El sistema de roscado se encuentra colocado de manera fija en la estructura, mientras que el mecanismo de accionamiento de la boquilla consta de un sistema de polea cuya fuerza motriz es provista por un moto-reductor previamente seleccionado.

**3.4.3 Sistemas del equipo.** El equipo de envasado está constituido de los siguientes sistemas:

1. Sistema de transporte de envases.
2. Sistema de roscado de botellas.
3. Estructura del equipo.
4. Sistema de dosificación.
5. Sistema de control.

Figura 43. Esquema sistemas del equipo



Fuente: Autores



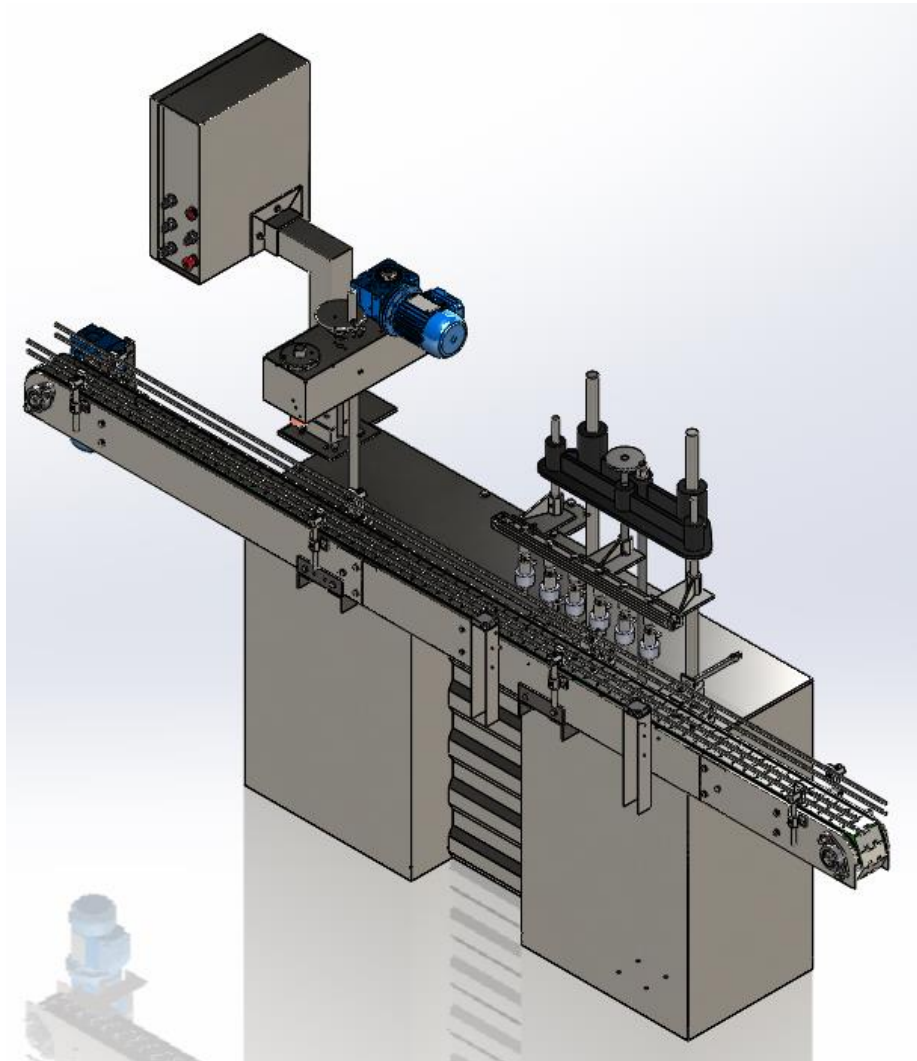
## CAPÍTULO IV

### 4. DISEÑO DE INGENIERÍA

#### 4.1 Diseño, selección y construcción de elementos

Para el diseño de la máquina se toma en cuenta los requerimientos y necesidades del auspiciante, que luego fueron tomadas como criterios técnicos, para determinar su diseño final.

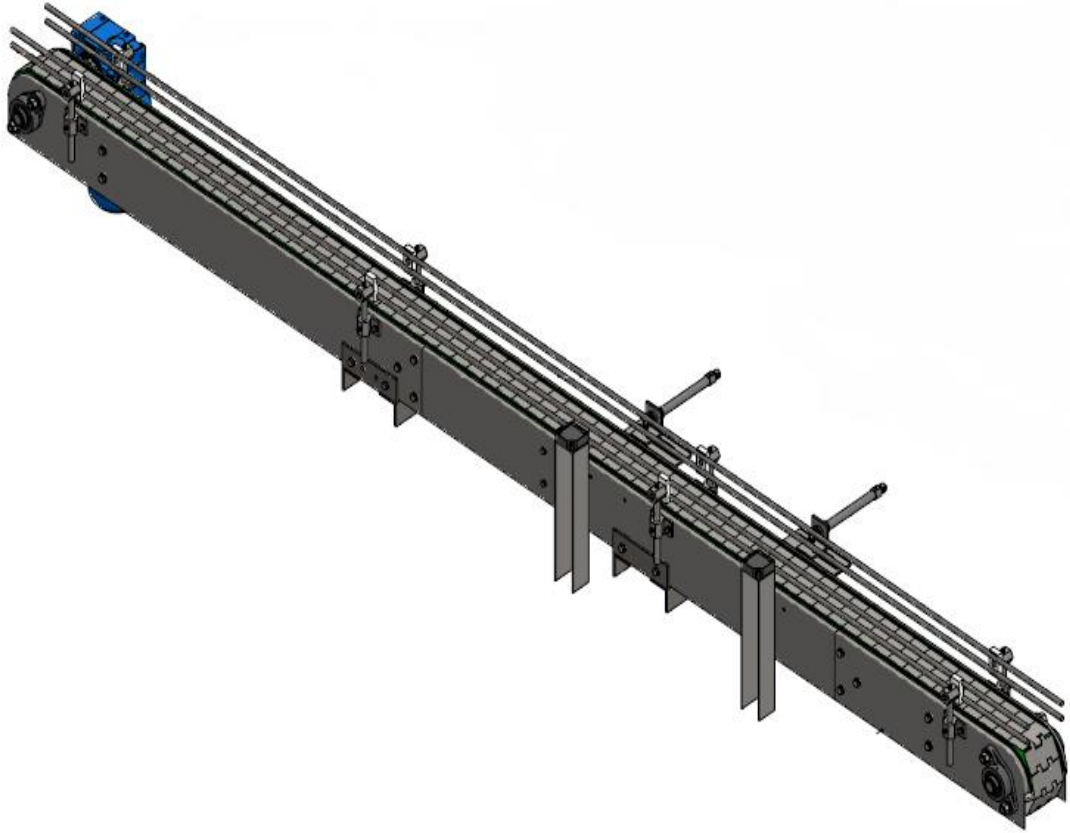
Figura 44. Esquema envasadora de refrescos



Fuente: Autores

## 4.2 Sistema de transporte

Figura 45. Sistema de transporte



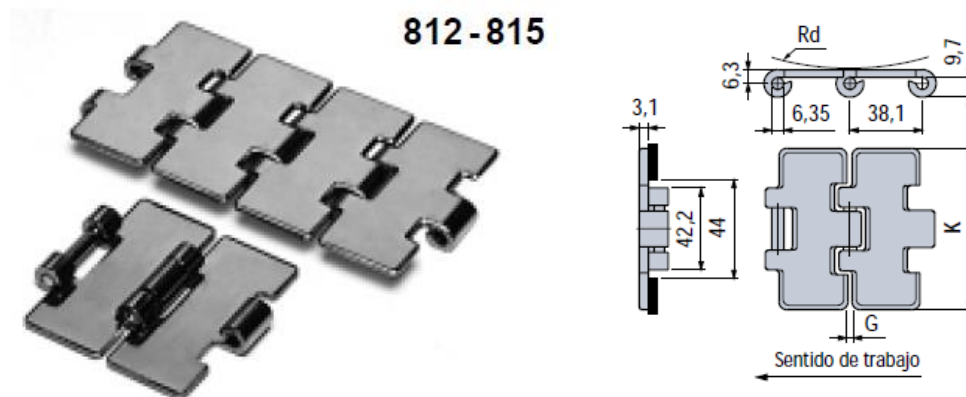
Fuente: Autores

**4.2.1 Banda transportadora.** La selección de la banda transportadora está basada en la longitud y tipo de banda necesario para nuestro equipo.

- Longitud del transportador.
- Tipo de banda transportadora.
- Diámetro del envase, ya que esto influye en la medida del ancho de la banda transportadora, en nuestro caso el diámetro es de 65 mm.
- El tipo de recorrido que va a tener el proceso, en nuestro caso rectilíneo.
- El tipo de líquido que contienen los envases, que es el parámetro fundamental para la selección del material de la cadena.

### 4.2.1.1 Especificaciones técnicas de la banda transportadora

Figura 46. Especificaciones técnicas de la banda transportadora



Código Rexnord Nr.	Rugosi- dad µm	Material placa	Anchura K mm	Juego placas G mm	Radio min. Rd mm	Peso kg/m
S815-K325* S815-K450 S815-K750	0,6	Acero al carbón tratamiento térmico	82,5 114,3 190,5	1,8	150	2,6 3,3 5,1
SS812-K325	0,6	Acero inox ferrítico AISI 430	82,5	2,8	75	2,6
SSR812-K325 SSX812-K325	0,5 0,3	<b>Rex-OPTI-Plus®</b>	82,5 82,5	2,8	75	2,6 2,6
SSY812-K350	0,3		88,9	1,6	150	2,7
SSC812-K250	0,5		63,5	1,6	150	2,4
SSC812-K263*			66,8			2,4
SSC812-K300*			76,2			2,5
SSC812-K325			82,5			2,6
SSC812-K330*			83,8			2,6
SSC812-K350			88,9			2,7
SSC812-K400			101,6			3,0
SSC812-K450			114,3			3,3
SSC812-K600			152,4			4,2
SSC812-K750			190,5			5,1
SS815-K325*			82,5			2,6
SS815-K400* SS815-K450 SS815-K600* SS815-K750*	0,5	Acero inox austenítico AISI 304 (18/8)	101,6 114,3 152,4 190,5	1,6	150	3,0 3,3 4,2 5,1

\* = Bajo pedido para cantidad adecuada.

Material del perno de la cadena S 815: acero endurecido

Material del perno de la cadena SS 815: acero inox AISI 304.

Material del perno para todas las otras cadenas: acero inox AISI 431.

Paquete: 80 pasos (3,048 m).

Véase  
pág. 63/64/65

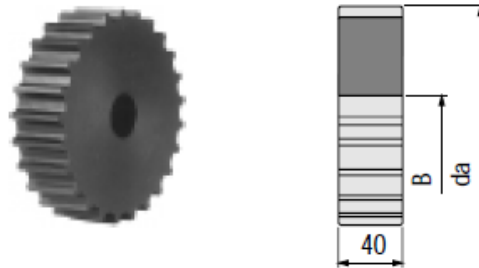


Fuente: (REXNORD)

**4.2.2 Selección del piñón motriz y conducido.** De acuerdo al paso de la cadena transportadora, seleccionamos el tipo de piñón que deseamos en el mismo catálogo:

Figura 47. Selección del piñón motriz y conducido

**KU 815**



**Piñones de tracción: En poliamida PA (negra)**

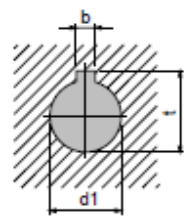
Código Rexnord Nr.	Nr. dientes · Z Reales Efectivos	ø primitivo d mm	ø externo da mm	ø orificio bruto B mm	ø orificio máx. mm	Peso kg
KU 815 T19 R20*	19 9,5	117,35	117	20	60	0,40
KU 815 T21 R20	21 10,5	129,26	129	20	67	0,50
KU 815 T23 R20*	23 11,5	141,22	142	20	75	0,61
KU 815 T25 R20	25 12,5	153,21	154	20	80	0,74
KU 815 T27 R20*	27 13,5	165,21	166	20	85	0,88

\* = Bajo pedido para cantidad adecuada.

Fuente: (REXNORD)

Las dimensiones del alojamiento de la lengüeta, se obtienen del mismo catálogo:

Figura 48. Dimensiones de la chaveta



d1 mm	b mm		t mm	
	nom.	tol.	nom.	tol.
25	8	+ 0,036 0	28,3	+ 0,2 0
30	8		33,3	
35	10		38,3	
40	12	+ 0,043 0	43,3	
45	14		48,8	
50	14		53,8	
60	18		64,4	

Tabla 3- Dimensiones del cuñero para las flechas con diámetros métricos (UNI 6604 - 68 / ISO 773)

Fuente: Autores

**4.2.3 Cálculo potencia necesaria para el movimiento de la cadena.** El cálculo de la potencia y del máximo empuje de la cadena está determinado por 4 factores:

- Velocidad del transportador.

- Peso del producto.
- Producto acumulado.
- Arranques por minuto.

Bajo condiciones normales de trabajo el procedimiento para el cálculo de la potencia es:

$$HP = \frac{0,75 V L (WP + 2WC)}{33\ 000} \quad (7)$$

Dónde:

L= longitud del transportador en pies = 19,685 *pies*

WP = peso del producto por pie de cadena = 5,61  $\frac{lb}{pie}$

WC = peso de la cadena por pie = 1,75  $\frac{lb}{pie}$

V = velocidad del transportador = 229,66  $\frac{pies}{min}$  (Anexo)

Reemplazando:

$$HP = \frac{0,75 \left( 229,66 \frac{pies}{min} \right) (19,685 \text{ pies}) \left[ \left( 3,51 \frac{lb}{pie} \right) + 2 \left( 0,69 \frac{lb}{pie} \right) \right]}{33\ 000}$$

$$HP = 0,502 \text{ HP} = 0,374 \text{ KW}$$

#### 4.2.3.1 Cálculo de la velocidad angular

$$V = W \times r \quad (8)$$

Dónde:

V = velocidad de la cadena.

W = velocidad angular del piñón.

R = radio del piñón.

Reemplazando:

$$W = \frac{V}{r} = \frac{116,67 \frac{cm}{s}}{6,45 cm} = 18,088 \frac{rad}{s}$$

#### 4.2.3.2 Cálculo del torque.

$$T = \frac{P}{N} \quad (9)$$

Dónde:

P = potencia del motor.

T = torque en N.m

N = número de revoluciones  $\frac{rad}{s}$

$$T = \frac{370 W}{18,088 \frac{rad}{s}} = 20,46 N.m$$

#### 4.2.3.3 Cálculo de la fuerza que actúa en el piñón

$$F = \frac{T}{r} \quad (10)$$

Dónde:

T = torque en N.m

F = fuerza de movimiento de la cadena .

r = radio del piñón.

$$F = \frac{20,46 N.m}{0,0645 m} = 312,31 N$$

Entonces se selecciona un motor reductor de 0,37 kw y 1600 rpm con una relación de transmisión de i=30 rpm.

Figura 49. Especificaciones del motor reductor

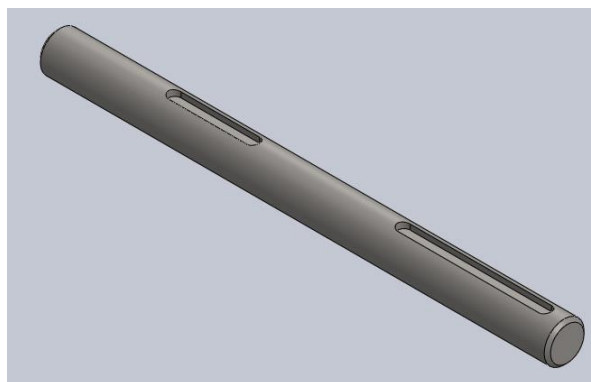
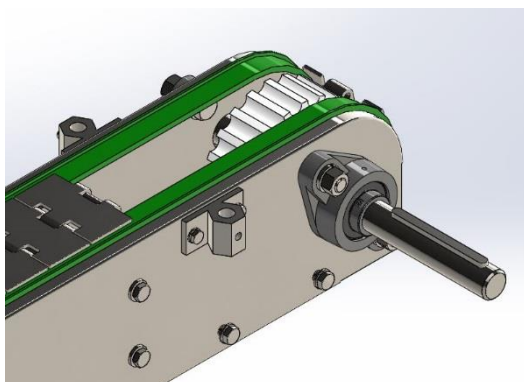


Tipo Type	Potenza Power	Velocità n	Corr. Nom.	Rend.	Fattore di potenza	C. nom.	C. max. C. nom.	C. max. C. nom.	Corr. max. Corr. nom.	Cond.	Momento d'inerzia	Peso Weight
	Pn (kW)	n (1/min)	In - 208÷230V (A)	$\eta$ %	cos $\varphi$	Mn (Nm)	Ma/Mn	Mm/Mn	ia/in	C ( $\mu$ F)	J (10 <sup>-3</sup> kgm <sup>2</sup> )	P (kg)
56 B4	0,09	1650	1,00	43	0,94	0,52	0,7	1,4	2,2	6,3	0,18	3,5
63 A4	0,12	1715	1,20	43	0,94	0,61	1,0	2,5	2,6	8,0	0,03	4,5
63 B4	0,18	1680	1,60	55	0,98	1,02	0,8	1,9	2,8	10,0	0,34	4,9
71 A4	0,25	1600	2,30	57	0,87	1,43	0,3	1,5	2,4	12,5	0,82	7,2
71 B4	0,30	1720	2,80	55	0,88	1,61	0,8	1,6	2,6	16,0	0,95	7,8
71 L4	0,37	1715	3,10	63	0,84	2,06	0,5	1,8	3,0	16,0	1,08	8,5
80 A4	0,55	1710	4,60	65	0,84	3,07	0,5	3,5	4	20,0	2,41	11,3
80 B4	0,75	1710	6,10	68	0,97	4,20	0,6	2,1	4,3	25,0	2,70	12,8
90S A4	1,10	1700	8,30	69	0,82	6,20	0,2	1,7	3,0	35,0	3,13	15,4
90L A4	1,50	1700	10,00	71	0,85	8,40	0,4	1,6	4,4	40,0	3,73	17,6
90L B4	1,80	1710	12,00	74	0,93	10,00	0,6	1,7	4,0	50,0	5,83	22,8
100L B4	2,20	1700	15,00	77	0,93	12,40	0,5	1,9	4,4	60,0	6,00	23,8

Fuente: Autores

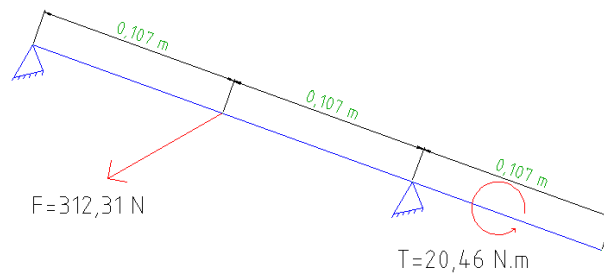
#### 4.2.4 Diseño eje

Figura 50. Eje del motor reductor



Fuente: Autores

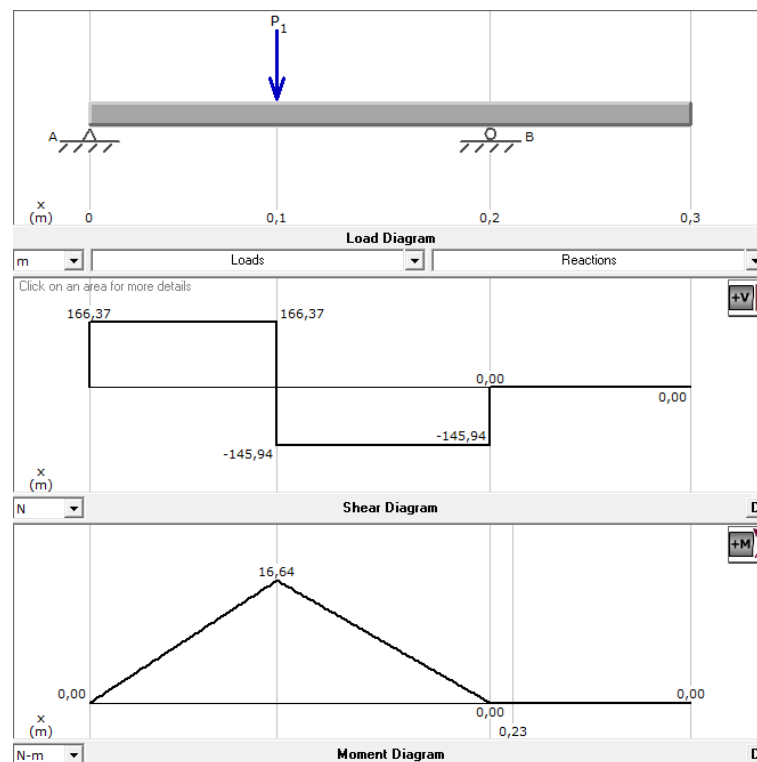
Figura 51. Diagrama de fuerzas



Fuente: Autores

Se toma como fuerza suficiente para impulsar la cadena transportadora, para realizar el desplazamiento del mismo, además el eje debe soportar el torque que se produce por el movimiento del motor-reductor.

Figura 52. Diagrama de momento y cortante en el eje



Fuente: Autores

$$R_1 = 166,37 \text{ N}$$

$$R_2 = 145,94 \text{ N}$$



$$M = 16,64 \text{ N.m}$$

$$T = 20,46 \text{ N.m}$$

**4.2.4.1 Diseño estático.** El eje se encuentra sometido a flexión y torsión.

Esfuerzo de flexión:

$$\sigma_f = \frac{32M}{\pi d^3} \quad (11)$$

Esfuerzo de torsión:

$$\tau = \frac{16T}{\pi d^3} \quad (12)$$

Teoría del esfuerzo cortante máximo TRESCA:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} = \frac{0,5 Sy}{n} \quad (13)$$

Dónde:

d = diámetro del eje en m.

M = momento flexionante en la sección crítica en N.m

T = momento torcionante en la sección crítica en N.m

n = factor de seguridad.

$$Sy = 2100 \frac{kg}{cm^2} = 205800000 \frac{N}{m^2} \quad (\text{Acero inoxidable 304}) \quad (\text{Anexo A})$$

Entonces:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\frac{16M^2}{d^3} + \frac{16T^2}{d^3}} = \frac{0,5 Sy}{n}$$

$$d^3 = \frac{32n\sqrt{M^2 + T^2}}{S_y}$$

$$d^3 = \frac{32(2,5)\sqrt{(16,64 \text{ N.m})^2 + (20,46 \text{ N.m})^2}}{205800000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

$$d = 0,02172 \text{ m}$$

$$d = 2,17 \text{ cm}$$

Obtenemos el diámetro del eje es de 2,54 cm.

**4.2.4.2 Diseño a fatiga.** Aplicando la expresión de fatiga por criterio de máximo tensión de corte:

$$\frac{S_y}{n} = \frac{32}{\pi d^3} \sqrt{M_m \left( \frac{S_y K_f M_a}{S_e} \right)^2 + T_m \left( \frac{S_y K_{fs} T_a}{S_e} \right)^2} \quad (14)$$

Dónde:

$$S_y = 2100 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad (\text{Acero inoxidable 304}) \quad (\text{Anexo A})$$

d = diámetro del eje en cm.

$M_m$  = momento flector medio en kgf.cm

$M_a$  = momento flector alternante en kgf.cm

$T_m$  = momento torsor medio en kgf.cm

$T_a$  = momento torsor alternante en kgf.cm

$K_f$  = factor de concentración de esfuerzos.

$K_{fs}$  = Factor de concentración de esfuerzos por fatiga.

Cálculo límite de fatiga:

$$S_e = k S_{e'} \quad (15)$$

Tomando en cuenta los factores de modificación de la tensión de resistencia a la fatiga:

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_g k_e S_{e'} \quad (16)$$

Dónde:

$S_e$  = límite de resistencia a la fatiga del elemento mecánico.

$S_{e'}$  = límite de resistencia a la fatiga de la muestra de la viga rotatoria.

$k_a$  = factor de superficie.

$k_b$  = factor de tamaño.

$k_c$  = factor de confiabilidad.

$k_d$  = factor de temperatura.

$k_g$  = factor de efectos diversos.

$k_e$  = factor de modificación de concentración de esfuerzos.

$$S_e = 0,5 S_{ut} \quad (17)$$

Dónde:

$$S_{ut} = 5200 \frac{kg}{cm^2} \quad (Acero inoxidable 304) \quad (Anexo A)$$

$$S_e = 0,5 \left( 5200 \frac{kg}{cm^2} \right) = 2600 \frac{kg}{cm^2}$$

$k_a$  para una superficie pulida. (Anexo K)

$$k_a = 1$$

$k_b$  para un  $d = 1 \text{ plg}$  (Anexo L)

$$k_b = 0,896 d^{-0.097} = 0.896 (1)^{-0.097} = 0,869$$

$k_c$  para una confiabilidad del 90 % (Anexo M)

$$k_c = 0,897$$

$k_d$  para una temperatura menor a 450 °C (Anexo N)

$$k_d = 1$$

$$k_g = 1$$

$k_e$  para chaveta.

$$k_e = 0,746$$

Entonces:

$$S_e = (0,869)(0,897)(0,746) \left( 2600 \frac{kg}{cm^2} \right) = 1511,90 \frac{kg}{cm^2}$$

Cálculo cargas fluctuantes:

$$M_m = \frac{M_{max} + M_{min}}{2} \quad (18)$$

$$M_a = \frac{M_{max} - M_{min}}{2} \quad (19)$$

$$T_m = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \quad (20)$$

$$T_a = \frac{T_{max} - T_{min}}{2} \quad (21)$$

Reemplazando:

$$M_m = \frac{(16,64 - 16,64)N.m}{2} = 0$$

$$M_a = \frac{(16,64 + 16,64)N.m}{2} = 16,64 N.m = 169,8 kg.cm$$

$$T_m = \frac{(20,46 - 0)N.m}{2} = 10,23 N.m = 104,39 kg.cm$$

$$T_a = \frac{(20,46 + 0)N.m}{2} = 104,39 kg.cm$$

Reemplazando:

$$\frac{(2100)}{n} = \frac{32}{\pi(2,54)^3} \sqrt{0 \left[ \frac{(2100)(1)(169,8)}{(1511,90)} \right]^2 + (104,39) \left[ \frac{(2100)(1)(104,39)}{(1511,90)} \right]^2}$$

$$n = 2,3$$

El coeficiente de seguridad encontrado es aceptable por lo que el diámetro escogido es el adecuado.

**4.2.5 Diseño chaveta y chavetero para el motor reductor.** Para el diseño de la chaveta se toma un acero 1020:

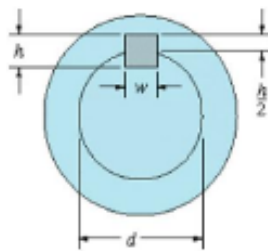
$$S_y = 2112,24 \frac{kg}{cm^2} \quad (\text{Anexo D})$$

Debe cumplir la condición:  $H_{CHAVETA} = H_{CHAVETERO}$

Los de elementos de sujeción de ejes se diseñan tanto por corte como por aplastamiento.

**4.2.5.1 Chaveta.** Se diseña una chaveta rectangular.

Figura 53. Geometría chaveta



Fuente: Autores

Para el diseño de la chaveta se toma un acero 1020:

$$S_y = 2112,24 \frac{kg}{cm^2}$$

Fuerza de corte:

$$p = \frac{T}{r} \quad (22)$$

p = fuerza de corte.

T = momento torsor.

r = radio del eje.

El torque también puede ser calculado con la siguiente ecuación:

$$P = T \cdot n \quad (23)$$

Combinando:

$$p = \frac{P}{r \cdot n}$$

$$P = 370 \text{ W} = 37,76 \frac{kg \cdot m}{s}$$

$$w = 18,088 \frac{rad}{s}$$

$$p = \frac{37,76 \frac{kg \cdot m}{s}}{0,0127 \left( 18,088 \frac{rad}{s} \right)} = 164,38 \text{ kgf}$$

Diseño a corte:

$$\tau_{diseño} = \frac{p}{w \cdot L} \quad (24)$$

Dónde:

p = fuerza de corte en kgf.

w = ancho de la chaveta en cm.

L = longitud de la chaveta en cm.

$$\tau_{diseño} = \frac{S_{sy}}{n_s} = \frac{0,5S_y}{n_s} \quad (25)$$

Combinando las ecuaciones (18) y (19), tenemos:

$$\frac{p}{w \cdot L} = \frac{0,5S_y}{n_s}$$

Dónde:

$n_s$  = coeficiente de seguridad asumido.

$S_y$  = resistencia a la fluencia del material.

Se asume:  $w = 0,5 \text{ cm}$

$$L = \frac{(164,38 \text{ kgf})(3)}{(0,5 \text{ cm})(0,5)(2112,24 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2})}$$

$$L = 0,93 \text{ cm}$$

Diseño a aplastamiento:

$$\sigma_{diseño} = \frac{P}{A_c} = \frac{2T}{d \cdot L \cdot \frac{h}{2}} \quad (26)$$

Dónde:

p = fuerza en kgf.

$A_c$  = Área de aplastamiento de la chaveta.

d = diámetro del eje en cm.

$h$  = altura de la chaveta en cm.

$$\sigma_{diseño} = \frac{0.9 S_y}{n_s} \quad (27)$$

Dónde:

$n_s$  = coeficiente de seguridad.

$S_y$  = resistencia a la fluencia del material.

Combinando las ecuaciones (22) y (23), tenemos:

$$\frac{p}{L \cdot \frac{h}{2}} = \frac{0.9 S_y}{n_s}$$

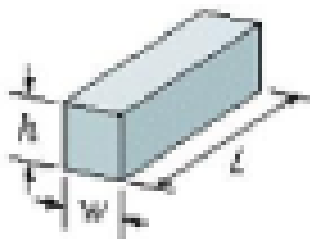
Se asume:  $h=0,5$  cm

$$\frac{(164,38 \text{ kgf})}{L(0,25)} = \frac{(0,9)(2112,24 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2})}{3}$$

$$L = 1,04 \text{ cm}$$

#### 4.2.5.2 Chavetero

Figura 54. Geometría del chavetero



Fuente: Autores

El chavetero es de acero inoxidable 304.

$$S_y = 2100 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \text{ (Anexo A)}$$



En el chavetero existe únicamente el esfuerzo de aplastamiento, que es calculado con la combinación de las ecuaciones (20) y (21):

$$\frac{p}{L \cdot \frac{h}{2}} = \frac{0.9 S_y}{n_s}$$

Dónde:

$p$  = fuerza en kgf.

$A_c$  = área de aplastamiento de la chaveta.

$d$  = diámetro del eje en cm.

$h$  = altura de la chaveta en cm.

$n_s$  = coeficiente de seguridad.

Se asume:  $h=0,5$  cm

$$\frac{(164,38 \text{ kgf})}{L(0,25)} = \frac{(0,9)(2100 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2})}{3}$$

$$L = 1,04 \text{ cm}$$

Finalmente comparando los tres valores de  $L$  obtenidos para que no falle ni la chaveta, ni el chavetero se debe tomar como mínimo una longitud de 2 cm.

**4.2.6 Chumaceras.** Para la selección de la chumacera se tomó en cuenta el diámetro del eje y las cargas que actúan en el mismo. La selección se realiza en el punto más crítico:

$$F_r = R_1 = 166,37 \text{ N}$$

$$F_a = 0$$

$$P = F_r$$

$$P_o = F_r$$

Para un rodamiento rígido de bolas:

Figura 55. Capacidad de carga rodamiento FAG tipo S

# Rodamientos FAG tipo S para ejes métricos y en pulgadas

Series 162, 362, 562, 762B.2RSR

Los rodamientos pueden alcanzar una duración de vida ilimitada, si  $C_0/P_0 \geq 8$ , ver Pág.41.

Eje	Dimensiones										Capacidad de carga		Denominación abreviada	Peso
	d	D	C	B	B <sub>1</sub>	d <sub>1</sub> max	B <sub>2</sub>	E	G <sub>5</sub>	SW	din. C	estát. C <sub>0</sub>	Rodamiento con dispositivo de seguridad FAG	~
mm in	mm										kN			kg
1	25,4	52	15	21,5	31	38,1	13,5	7,5	M5x0,75	3	14	7,8	16205.100	0,217
	25,4	52	17	34,0	44,4	38,1	13,5	17,5	M5x0,75	3	14	7,8	36205.100	0,265
	25,4	52	17	34,1				14,3	M5x0,75	3	14	7,8	56205.100	0,186

Fuente: FAG

$$C = 14 \text{ KN}$$

$$C_0 = 7,8 \text{ KN}$$

#### 4.2.6.1 Caso estático

$$(C_{CAL})_0 = f_s P_0 \quad (28)$$

$(C_{CAL})_0$  = capacidad de carga dada en el catálogo.

$f_s$  = factor de esfuerzos estáticos (factor de servicio) = 1,5 (Anexo E)

$P_0$  = carga estática equivalente (axial o radial).

$$(C_{CAL})_0 = (1,5)(166,37N) = 249,56 \text{ N}$$

#### 4.2.6.2 Caso dinámico.

$$C_{CAL} = \frac{f_L}{f_n} P \quad (29)$$

$C_{CAL}$  = capacidad de carga calculada.

$L_h = 2800 \text{ horas o } 3 \text{ años aproximadam.}$

$f_L = 1,78$  (Anexo F)

$f_n = 0,313$  (Anexo G)

$P = \text{carga dinámica equivalente (axial o radial).}$

$$C_{CAL} = \frac{1,78}{0,313} (166,37N) = 946,13 N$$

Como:

$$(C_{CAL})_o < C_o \quad 249,56 N < 7,8 KN$$

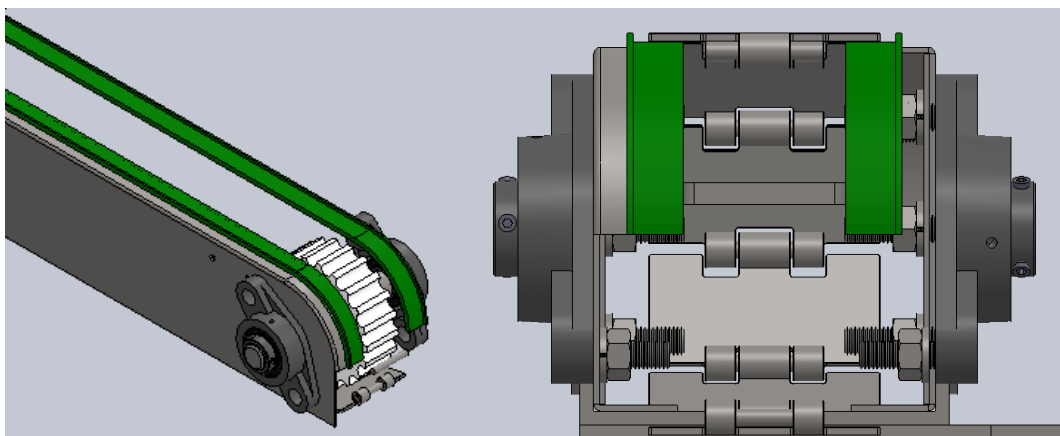
$$C_{CAL} < C \quad 946,13 N < 14 KN$$

Cumple con la condición, el rodamiento seleccionado es el adecuado.

**4.2.7 Guías de desgaste.** En nuestro caso el material que se utilizó es nylon, ya que este material tiene la capacidad de disminuir la fricción entre la banda transportadora y el carril, estas guías son fijadas a la superficie del carril, con la ayuda de tornillos que ayudan a fijar las guías de desgaste en el carril de transporte.

**Especificaciones técnicas de las guías de desgaste.** Las especificaciones de las guías de desgaste han sido obtenidas del mismo catálogo de la cadena transportadora:

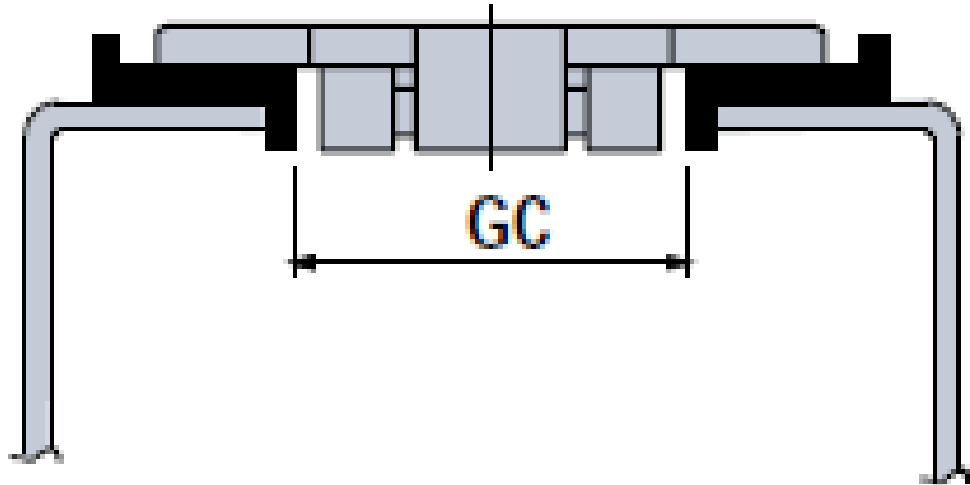
Figura 56. Guía de desgaste



Fuente: Autores

El espacio de las guías (GC) recomendado para la cadena a utilizar es:

Figura 57. Espacio de la guía

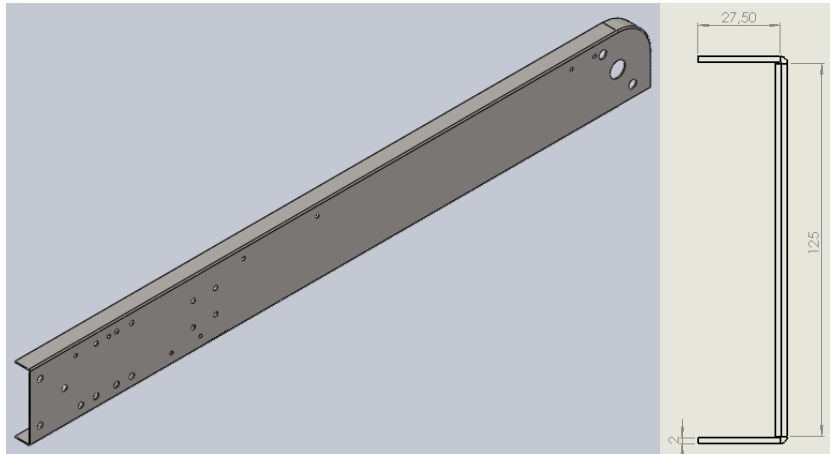


Cadena Núm.	Espacio de Guía (GC)
512	44,5
802 - 805	82
812 - 815	44
SSR 812 K125/175	23,5
866	41,3
1864	34,9
820 - 831	44,5
821	140
843 - 845	23,8
963	36,5

Fuente: (REXNORD)

**4.2.8 Rieles.** Los rieles son elementos utilizados para el efectivo transporte de los envases ya que estos se encargan de guiar los envases por la cadena transportadora, estos elementos son colocados sobre el carril de transportación su diseño, dependiendo del diámetro del envase a transportar y la longitud de los rieles dependerá indirectamente de la longitud de la banda transportadora utilizada y de los espacios utilizados para cada uno de los procesos de envasado.

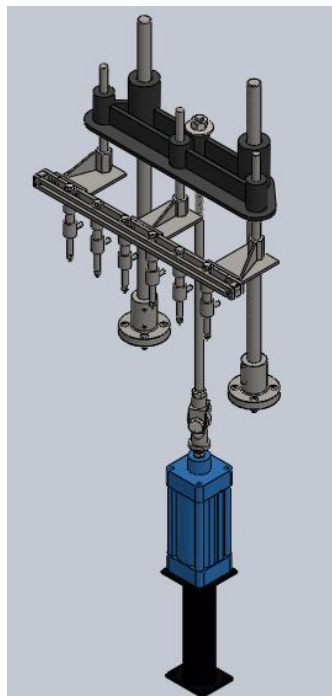
Figura 58. Dimensiones del perfil del riel



Fuente: Autores

### 4.3 Sistema de dosificación

Figura 59. Esquema sistema de dosificación

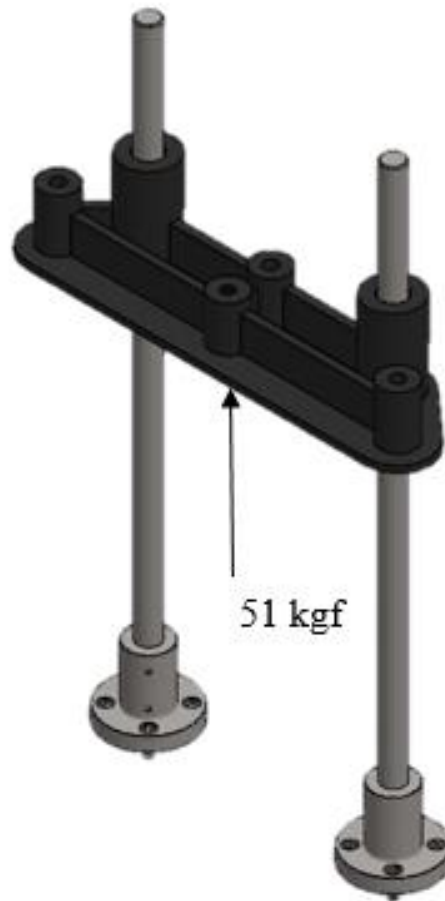


Fuente: Autores

**4.3.1 Eje guías.** Es una parte fundamental del sistema de dosificación ya que se encarga de soportar y alojar los diferentes elementos y dispositivos necesarios en el sistema. La adecuada construcción de este influye en el correcto funcionamiento del movimiento del

cabezal de dosificación, por lo que es necesario seleccionar los materiales y dimensiones adecuadas.

Figura 60. Esquema ejes guías



Fuente: Autores

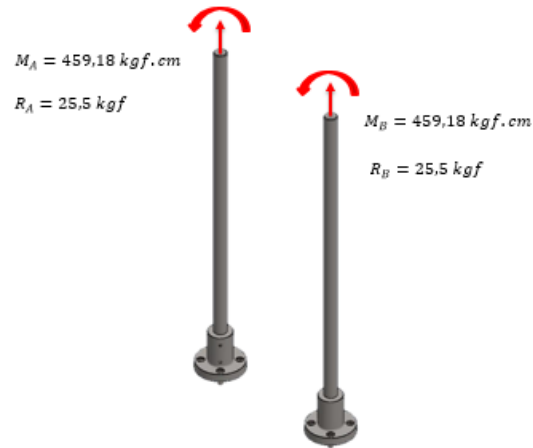
El soporte metálico está sujeto a diferentes cargas como el peso de las boquillas de dosificación, el movimiento del eje que se encuentra acoplado al cilindro, por lo tanto la fuerza del cilindro es con la que se va a realizar el diseño, al igual que los pesos de los demás elementos.

$$F = 500 \text{ N} \text{ (Anexo I)}$$

Los dos ejes están sometidos a los mismos esfuerzos por lo que se va a realizar el diseño de uno de ellos.

El eje se encuentra sometido a esfuerzos de tracción y un momento flector constante.

Figura 61. Cargas actuantes en los ejes guías



Fuente: Autores

El material utilizado para la construcción de ejes es acero inoxidable AISI 304, que tiene las siguientes propiedades.

$$S_y = 2100 \frac{kg}{cm^2} \text{ (Anexo A)}$$

$$S_u = 5200 \frac{kg}{cm^2} \text{ (Anexo A)}$$

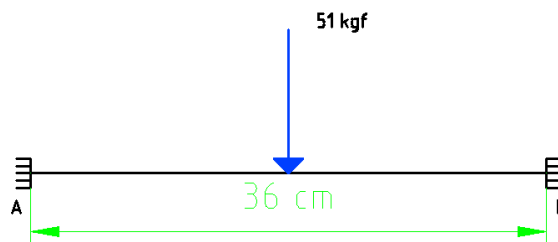
$$E = 1,96 \times 10^6 \frac{kg}{cm^2} \text{ (Anexo C)}$$

$$F_c = 500 \text{ N} = 51 \text{ kgf} \text{ (Anexo I)}$$

$$F_T = 51 \text{ kgf}$$

Análisis de fuerzas.

Figura 62. Diagrama de cuerpo libre de los ejes guías



Fuente: Autores

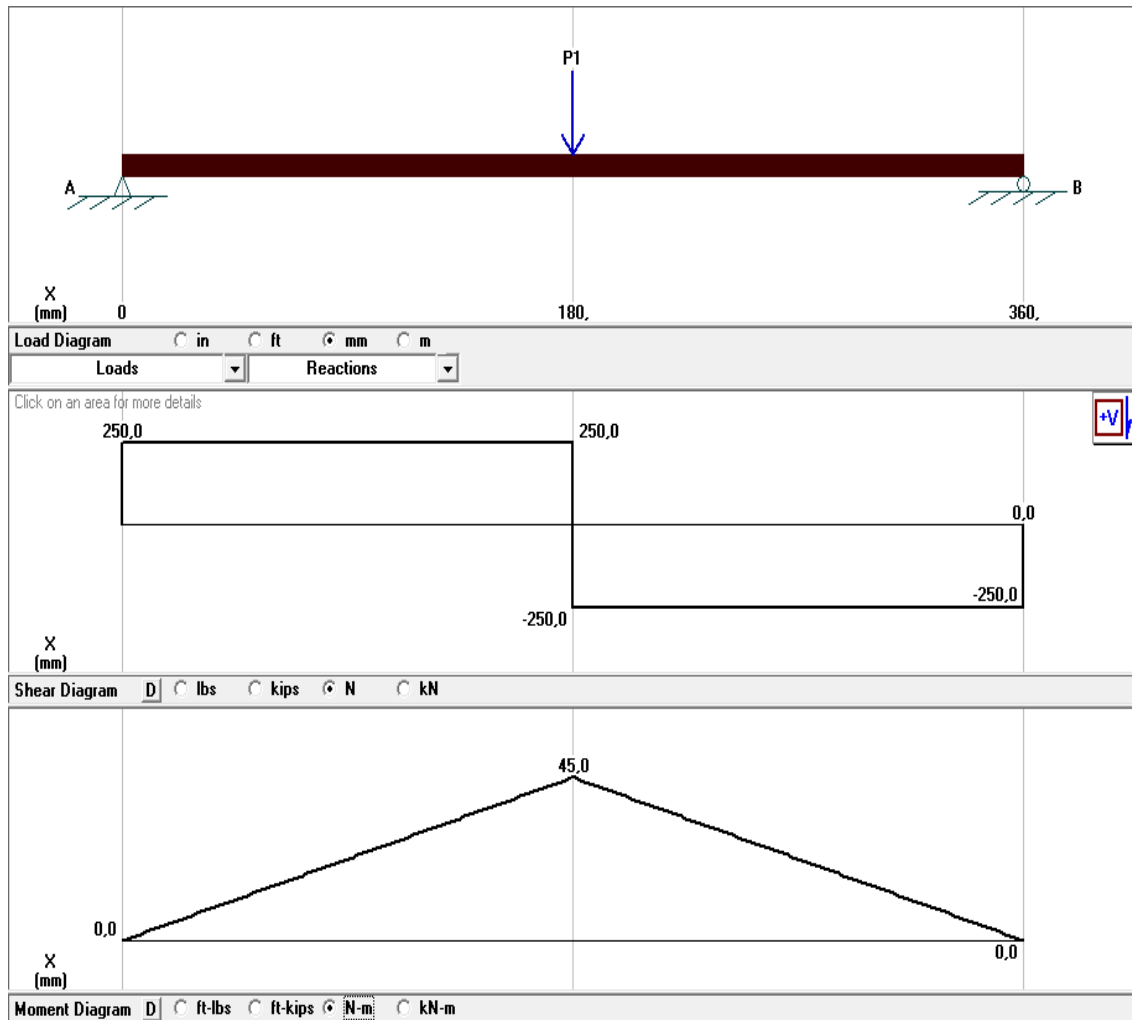
$$R_A = 250 \text{ N} = 25,5 \text{ kgf}$$

$$M_A = 45 \text{ N.m} = 459,18 \text{ kg.cm}$$

$$R_B = 250 \text{ N} = 25,5 \text{ kgf}$$

$$M_B = 45 \text{ N.m} = 459,18 \text{ kg.cm}$$

Figura 63. Diagrama de cortante y momento flector



Fuente: Autores

Diseño estático.

Esfuerzo axial:

$$\sigma_T = \frac{F}{A} = \frac{25,5 \text{ kgf}}{\frac{\pi}{4} d^2} = \frac{32,46}{d^2} \quad (30)$$



Esfuerzo flexión:

$$\sigma_f = \frac{32M}{\pi d^3} = \frac{32(459,18)}{\pi d^3} = \frac{14693,76}{d^3}$$

Calculo de esfuerzos combinados:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(\sigma_x + \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2} = \frac{Sy}{n}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left(\frac{32,46}{d^2} + \frac{14693,76}{d^3}\right)^2} = \frac{Sy}{n}$$

$$n = 2$$

$$\frac{32,46}{d^2} + \frac{14693,76}{d^3} = 1050$$

$$d = 2,41$$

$$d_{seleccionado} = 3,175$$

Diseño dinámico.

Cargas fluctuantes:

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}$$

$$\sigma_a = \sigma_m$$

Esfuerzo a tracción:

$$\sigma_a = \sigma_m = \frac{F}{A} = \frac{\frac{32,46}{d^2}}{2} = \frac{16,23}{d^2}$$

Esfuerzo a flexión:

$$\sigma_a = \sigma_m = \frac{\frac{32M}{\pi d^3}}{2} = \frac{\frac{14693,76}{d^3}}{2} = \frac{7346,88}{d^3}$$

Cálculo límite de fatiga:

$$Se = 0,5 Sut$$

$$Se' = 0,5 \left( 5200 \frac{kg}{cm^2} \right) = 2600 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Se = K \cdot Se'$$

$$Se = ka \cdot kb \cdot kc \cdot kd \cdot kg \cdot ke \cdot Se'$$

$$ka = 1$$

$$kb = 0,869d^{-0,096} = 0,869(1,25)^{-0,097} = 0,85$$

$$kc = 0,814$$

$$kd = 1$$

$$kg = 1$$

$$ke = 1$$

$$Se = (0,85)(0,814)(2600)$$

$$Se = 1798,94$$

Criterio de Goodman Vida infinita:

$$\frac{\sigma_a}{Se} + \frac{\sigma_m}{Sut} = \frac{1}{n} \quad (31)$$

$$\sigma_{eqa} = \sigma_{eqm} = \sqrt{\left( \frac{16,23}{d^2} + \frac{7346,88}{d^3} \right)^2}$$

Como  $d = 2,41$

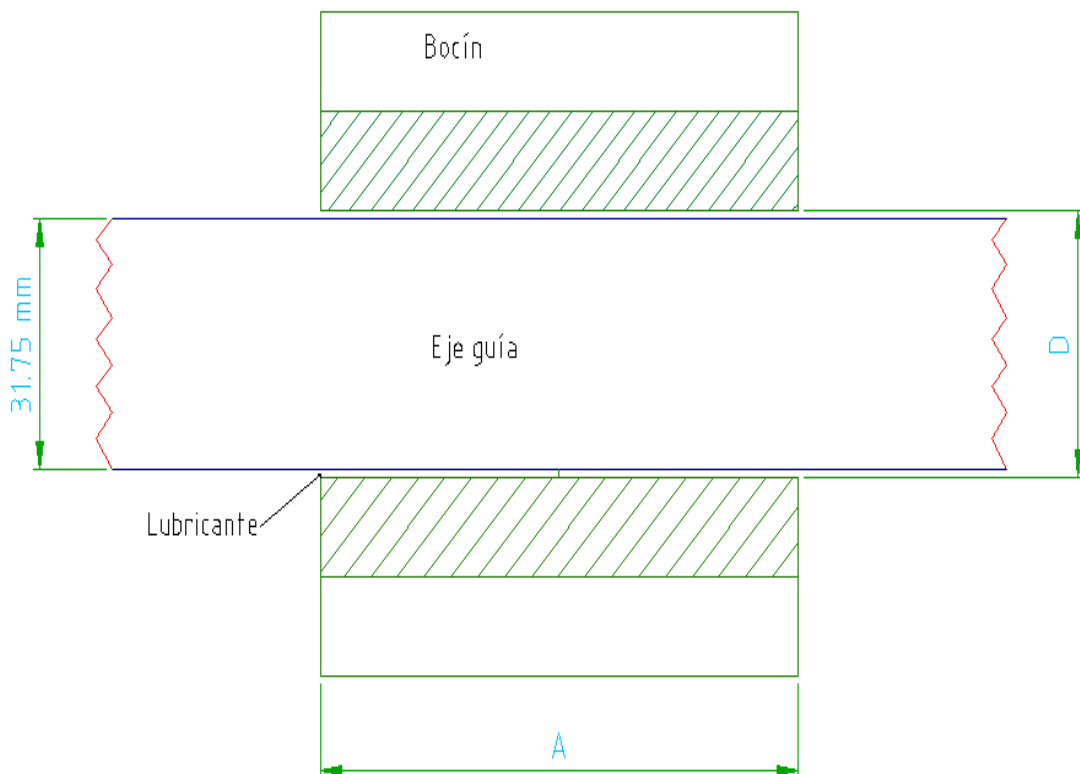
$$\sigma_{eqa} = \sigma_{eqm} = \frac{16,23}{(2,41)^2} + \frac{7346,88}{(2,41)^3} = 527,66 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\frac{527,66}{1798,94} + \frac{527,66}{5200} = \frac{1}{n}$$

$$n = 2,54$$

**4.3.2 Bocines de deslizamiento.** Para que un bocín de deslizamiento funcione de forma adecuada es aconsejable que el ancho del bocín tenga un ancho de 2,5 a 3 veces el diámetro del eje.

Figura 64. Esquema bocín de deslizamiento



Fuente: Autores

$$A = 3(31,75 \text{ mm}) = 95,25 \text{ mm}$$

$D = 32 \text{ mm}$  esta distancia debe ser mayor a la del eje guía para que este tenga un deslizamiento adecuado.

### 4.3.3 Eje de elevación

Figura 65. Esquema eje de elevación



Fuente: Autores

Las fuerzas que van a soportar el eje es la fuerza del cilindro y el peso de los elementos del pedestal de dosificación.

$$F_T = 51 \text{ kg}$$

Condiciones de extremo:

$$l_p = (2)(L) \quad (32)$$

$l_p$  = longitud de pandeo de la columna.

$L$  = longitud del eje = 80 cm

$$l_p = (2)(80 \text{ cm}) = 160 \text{ cm}$$

$$\lambda = 4 \frac{l_p}{d} \quad (33)$$

$\lambda$  = razón de esbeltez.

$d$  = diámetro del eje = 2 cm

$$\lambda = 4 \left( \frac{160 \text{ cm}}{2 \text{ cm}} \right) = 320$$

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{2E\pi^2}{S_y}} \quad (34)$$

$\lambda_0$  = razón de esbeltez.

$E$  = módulo de elasticidad del material (Anexo C)

$S_y$  = límite de fluencia del material (Anexo A)

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{2 \left( 1,96 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) \pi^2}{2100 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}} = 135,7$$

Como:

$$\lambda > \lambda_0$$

$$320 > 135,73 \quad \text{Columna de Euler}$$

Entonces aplicamos la ecuación de columna de Euler:

$$\frac{nP_r}{A} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \quad (35)$$

$P_r$  = carga real.

$$A = \text{área del eje} = 3,1416 \text{ cm}^2$$

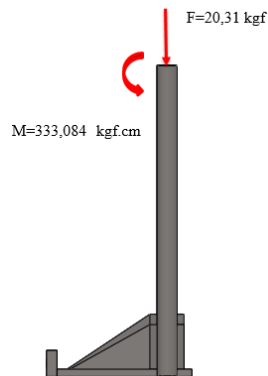
$n$  = coeficiente de seguridad.

Reemplazando datos, hallamos el coeficiente de seguridad:

$$n = \frac{\pi^2 \left( 1,96 \times 10^6 \frac{kg}{cm^2} \right) (\pi cm^2)}{(320)^2 (51 kg)} = 11,63$$

#### 4.3.3.1 Diseño eje

Figura 66. Esquema fuerzas en el eje



Fuente: Autores

Las fuerzas que actúan en el eje son la fuerza que es el peso, de las boquillas y las guías que le sostienen, y el momento producido al trasladar la fuerza al eje.

El material utilizado para la construcción de ejes es acero inoxidable AISI 304, que tiene las siguientes propiedades.

$$Sy = 2100 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Su = 5200 \frac{kg}{cm^2}$$

$$E = 1,96 \times 10^6 \frac{kg}{cm^2}$$

$$F_w = 20,31 kgf$$

$$M = 20,31 kgf (16,4 cm) = 333,084 kgf.cm$$

Diseño estático.

Esfuerzo a tracción:

$$\sigma_T = \frac{F}{A} = \frac{20,31}{\frac{\pi}{4}d^2} = \frac{25,86}{d^2}$$

Esfuerzo a flexión:

$$\sigma_f = \frac{32M}{\pi d^3} = \frac{32(333,084)}{\pi d^3} = \frac{3392,77}{d^3}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(\sigma_x + \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2} = \frac{Sy}{n}$$

Asumiendo  $n=2$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left(\frac{25,86}{d^2} + \frac{3392,77}{d^3}\right)^2} = \frac{2100}{2}$$

$$n = 2$$

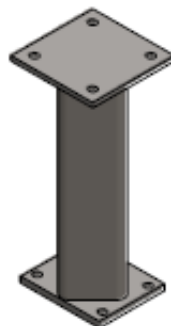
$$\frac{25,86}{d^2} + \frac{3392,77}{d^3} = 1050$$

$$d = 1,48 \text{ cm}$$

$$d_{seleccionado} = 1,905 \text{ cm}$$

#### 4.3.4 Diseño soporte del cilindro

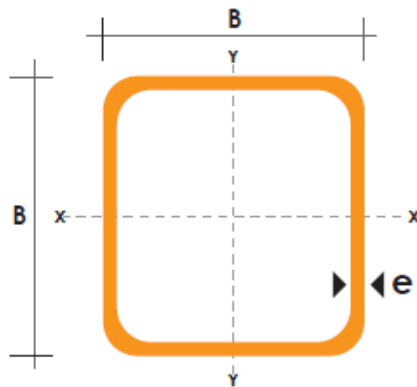
Figura 67. Esquema de soporte de cilindro



Fuente: Autores

Se selecciona un perfil cuadrado, material:

Figura 68. Perfil del soporte



Fuente: Autores

Las fuerzas que va a sostener el soporte es el peso del sistema de dosificación incluido el cilindro.

$$F_T = 53kg$$

Calculo de columna:

$$l_p = (L) = 29,2 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{l_p}{r_g}$$

$l_p$  = longitud de pandeo de la columna.

$L$  = longitud del eje.

$r_g$  = radio de giro = 2,87 cm (Anexo J)

$$\lambda = \left( \frac{29,2cm}{2,87cm} \right) = 10,17$$

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{2E\pi^2}{S_y}}$$

$\lambda_0$  = razón de esbeltez.



$E$  =módulo de elasticidad del material (Anexo C)

$S_y$  = límite de fluencia del material (Anexo A)

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{2 \left(1,96 \times 10^6 \frac{kg}{cm^2}\right) \pi^2}{2100 \frac{kg}{cm^2}}} = 135,73$$

Como:

$$\lambda < \lambda_0$$

$$10,17 < 135,73 \quad \text{Columna de Jhonson}$$

Entonces aplicamos la ecuación de columna de Jhonson:

$$nP_r = A \left[ S_y - \frac{S_y^2}{4\pi^2 E} \cdot \lambda^2 \right] \quad (36)$$

Asumiendo  $n=2$

$P_r$  =carga real.

$A$  = área del eje =  $10,95 \text{ cm}^2$  (Anexo J)

$n$  = coeficiente de seguridad.

$S_y$  = límite de fluencia.

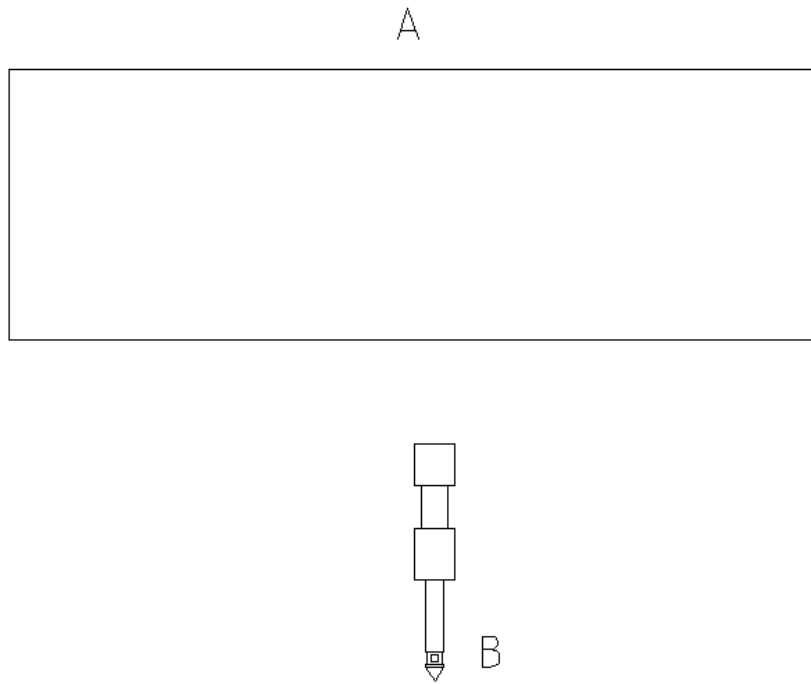
$$106 = 10,95 \left[ S_y - \frac{S_y^2}{4\pi^2 \left(1,96 \times 10^6 \frac{kg}{cm^2}\right)} \cdot (10,17)^2 \right]$$

$$106 = 10,95 S_y - 0,0000146 S_y^2$$

$$S_y = 9,68 \frac{kg}{cm^2}$$

Como  $S_y$  calculado es menor a  $S_y$  del material entonces el tubo escogido es el adecuado.

#### 4.3.5 Boquillas de dosificación



Balance de energías mecánicas aplicando la ecuación de Bernoulli:

$$E_{entrada} = E_{salida} \quad (37)$$

$$\frac{P_A}{\gamma} + Y_A + \frac{V_A^2}{2g} = \frac{P_B}{\gamma} + Y_B + \frac{V_B^2}{2g} \quad (38)$$

Dónde:

$P$  = presión atmosférica.

$Y$  = altura.

$V$  = velocidad de llenado.

$\gamma$  = peso específico del líquido.

$g$  = gravedad.

Tomando en cuenta las siguientes condiciones:

$$V_A = 0$$

$$P_A = P_B = \text{atmosférica.}$$

Reemplazando y despejando:

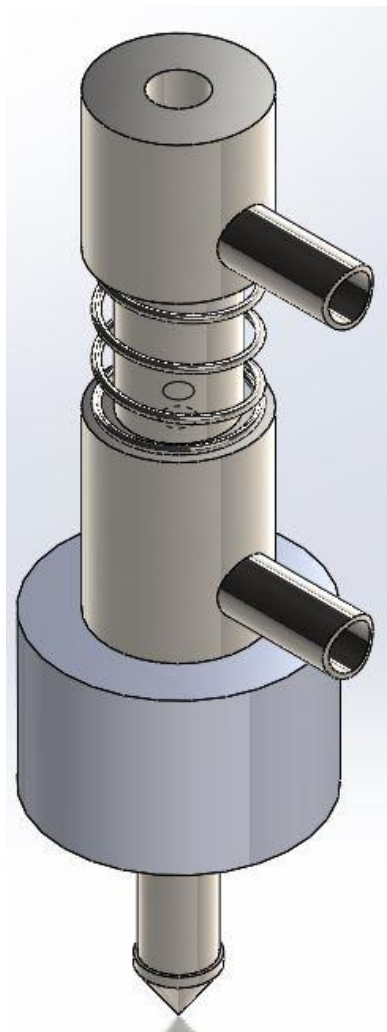
$$V_B^2 = 2g \times (Y_B - Y_A)$$

$$V_B^2 = 2(9,8 \frac{m}{s^2}) \times (0,85 - 0)m$$

$$V_B = 3,96 \frac{m}{s}$$

El diámetro de émbolo es el que se va a considerar debido a que por este va a salir el líquido:

Figura 69. Esquema boquillas de dosificación



Fuente: Autores

$$d = 0,004 \text{ m}$$

$$Q_B = A_B \times V_B \quad (39)$$

Dónde:

$Q_B$  = caudal.

$A_B$  = área de las boquillas.

Reemplazando:

$$Q_B = \left( \frac{\pi d^2}{4} \right) (V_B)$$

$$Q_B = \left( \frac{\pi (0,004 \text{ m})^2}{4} \right) \left( 3,96 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

$$Q_B = 0,0498 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

$$Q_B = \frac{v_B}{t} \quad (40)$$

Dónde:

$v_B$  = volumen del envase.

$t$  = tiempo de llenado.

Para envase de 500 ml:

$$t = \frac{v_B}{Q_B} = \frac{0,5 \text{ l}}{0,0498 \frac{\text{l}}{\text{s}}} = 10,04 \text{ s}$$

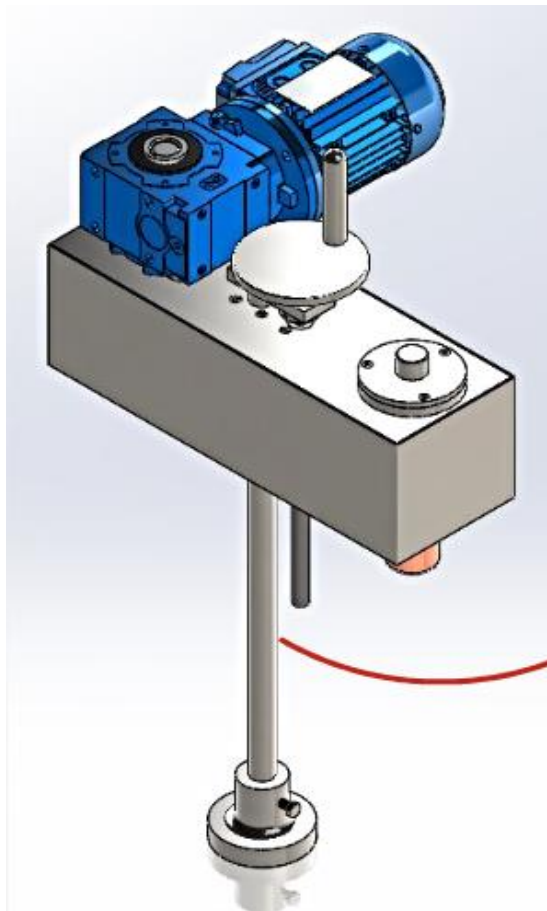
Para envase de 250 ml:

$$t = \frac{v_B}{Q_B} = \frac{0,25 \text{ l}}{0,0498 \frac{\text{l}}{\text{s}}} = 5,02 \text{ s}$$

#### 4.4 Sistema de roscado

El sistema de roscado es la última etapa del proceso, la frecuencia de operación del roscado se va a realizar de manera frecuente, ya que se van a llenar 6 botellas, que van ir saliendo de la etapa anterior, por lo que a petición del cliente, el roscado de la máquina se lo va a realizar de manera manual, es decir que la roscadora va a estar girando constantemente.

Figura 70. Sistema de roscado



Fuente: Autores

##### 4.4.1 Cálculo de la potencia del motor reductor

$$Pot = \tau \cdot \omega$$

Dónde:

$Pot$  = Potencia del motor

$\tau$  = torque máximo para diámetro de tapa de 28mm (Anexo T)

$\omega$  = velocidad angular (Anexo W)

$$Pot = (2,02 \text{ N.m}) \left( 170,69 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right) = 369,63 \text{ W}$$

$$Pot = 0,5 \text{ hp}$$

Figura 71. Motor reductor roscador



Fuente: Autores

**4.4.2 Selección de la banda.** La velocidad de roscado necesaria, es de 180 rpm por lo que el motor a ser utilizado es de 1630 rpm, el mismo que se encuentra acoplado a una caja reductora, que se encarga de reducir la velocidad hasta la velocidad de operación con un  $i=9$ .

Para mejorar la ubicación del motor en el sistema de roscado se realiza una transmisión por poleas, como el fin es totalmente ergonómico la relación de transmisión es 1.

**4.4.2.1** *Cálculo de la relación de transmisión.* Como anteriormente se dijo la transmisión es de 1:1.

$$i = 1$$

Como:

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{D_p}{d_p} \quad (41)$$

$n_2$  = velocidad angular de la polea rápida.

$n_1$  = velocidad angular de la polea lenta.

$D_p$  = diámetro primitivo de la polea lenta.

$d_p$  = diámetro primitivo de la polea rápida.

Por lo tanto los diámetros de las poleas es el mismo.

**4.4.2.2** *Cálculo de la potencia de diseño*

$$P_D = P * C_1 \quad (42)$$

Dónde:

$P_D$  = potencia de diseño.

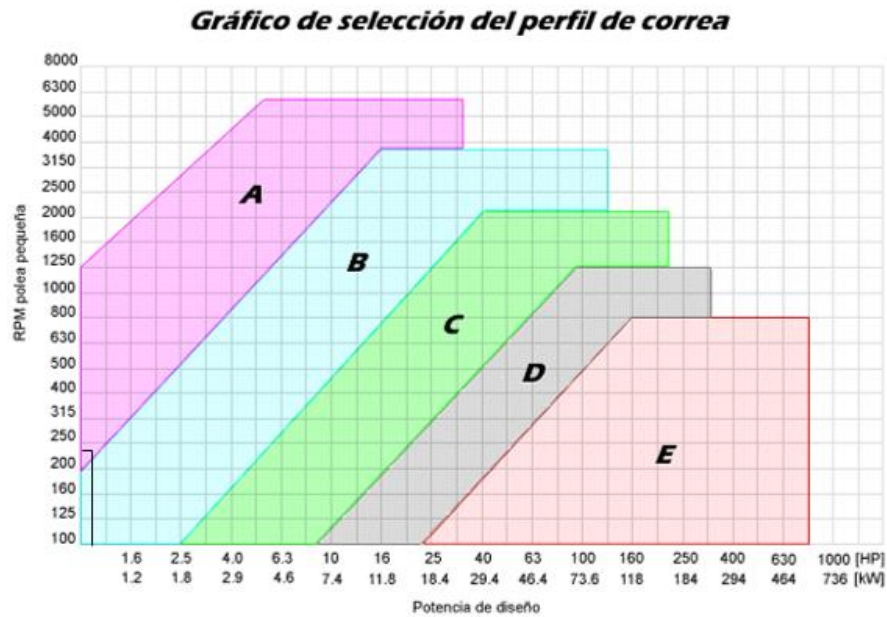
$P$  = potencia a transmitir.

$C_1$  = factor de servicio (Anexo P)

$$P_D = (0,5 \text{ hp})(1) = 0,5 \text{ hp}$$

**4.4.2.3** *Escoger la sección de correa más adecuada.* Con la potencia de diseño y la velocidad del eje más rápido se consulta en el siguiente gráfico en el cual se aprecia las 5 secciones más típicas de las correas:

Figura 72. Gráfico de selección del perfil de correa



Fuente: <http://image.slidesharecdn.com/diseoyseleccindelmandoacorreasen-v-110826232633-phpapp01/95/diseo-y-seleccin-del-mando-a-correas-en-v-2-728.jpg?cb=1314419225>

**4.4.2.4 Selección de correas y poleas a utilizar.** Se recomienda utilizar como referencia los valores del Anexo (Q), de donde se obtiene que el diámetro de polea recomendable para el perfil seleccionado es:

$$D_p = i * d_p = (1)(100mm) = 100mm$$

**4.4.2.5 Distancia entre ejes.** La distancia entre ejes debe cumplir que debe ser mayor o igual que  $D_p$  pero menor o igual a  $3(d_p + D_p)$

Para  $i$  entre 1 a 3:

$$C \geq \frac{(i + 1)d_p}{2} + d_p \quad (43)$$

Para  $i$  mayor que 3:

$$C \geq D_p \quad (44)$$



Como nuestra relación de transmisión es 1, se utiliza la ecuación (43):

$$C \geq \frac{(1+1)(100mm)}{2} + (100mm)$$

$$C \geq 200mm$$

Por condiciones de espacio la distancia entre centros seleccionado es de 260 mm, que cumple el criterio anterior.

**4.4.2.6 Longitud primitiva de la banda.** Con estos valores se pueden calcular el largo L aproximado de la correa que se necesita.

$$L = 2C + 1,57(D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4C} \quad (45)$$

Dónde:

$L$  = longitud de la correa.

$C$  = distancia tentativa entre ejes.

$D_p, d_p$  = diámetros primitivos de las poleas.

Reemplazando:

$$L = 2(260mm) + 1,57(100mm + 100mm) + \frac{(100mm - 100mm)^2}{4(260mm)}$$

$$L = 834mm$$

$$L_n = 817mm$$

Una vez seleccionada la correa se recalcula la distancia entre centros con la siguiente fórmula:

$$C_c = C \pm \left| \frac{L - L_n}{2} \right| \quad (46)$$

Reemplazando:

$$C_c = 260 + \left| \frac{834 - 817}{2} \right|$$

$$C_c = 268,5 \text{ mm}$$

**4.4.2.7** *Determinar el arco de contacto.* Para una transmisión de correa abierta se determina con:

$$\alpha_1 = 2 \cos^{-1} \left( \frac{D_p - d_p}{2C_c} \right) = 180 - 57 \left( \frac{D_p - d_p}{2C_c} \right) > 120 \quad (47)$$

$$\alpha_1 = 2 \cos^{-1} \left( \frac{100 - 100}{2(268,5)} \right)$$

$$\alpha_1 = 180^\circ$$

**4.4.2.8** *Cantidad de correas.* El número de correas necesarias se calcula con la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{P_D}{C_2 * C_3 * P_1} \quad (48)$$

Dónde:

$Z$  = número de correas y se aproxima al entero positivo.

$P_D$  = potencia de diseño.

$C_2$  = factor de corrección.

$C_3$  = factor de corrección que considera el arco de contacto entre la correa y las poleas.

$P_1$  = potencia que transmite una correa.

$$P_D = 0,5 \text{ HP}$$

Para determinar la potencia que transmite una correa  $P_1$  y el factor de corrección  $C_2$ , se requiere conocer la velocidad del eje rápido, la relación de transmisión  $i$  y la sección usada, se obtiene que:

$$P_1 = 0,44 \text{ HP}$$

El factor de corrección  $C_2$  se obtiene con la longitud de la correa, del (Anexo R).

$$C_2 = 0,84$$

El factor de corrección  $C_3$  se obtiene del (Anexo S), donde se ingresa con la siguiente relación:

$$\frac{D_p - d_p}{C} = 0$$

$$C_3 = 1$$

Entonces:

$$Z = \frac{0,5 \text{ HP}}{(0,84)(1)(0,44)} = 1,35 \approx 1$$

#### 4.4.2.9 Velocidad de la correa

$$v = \frac{n_1 * \pi * d_p}{6000} \leq v_{max} \quad (49)$$

Dónde:

$n_1$  = velocidad de giro del motor.

$v$  = velocidad de la banda.

$v_{max} = 30 \frac{m}{s}$  para correa de perfil normal.

Reemplazando:

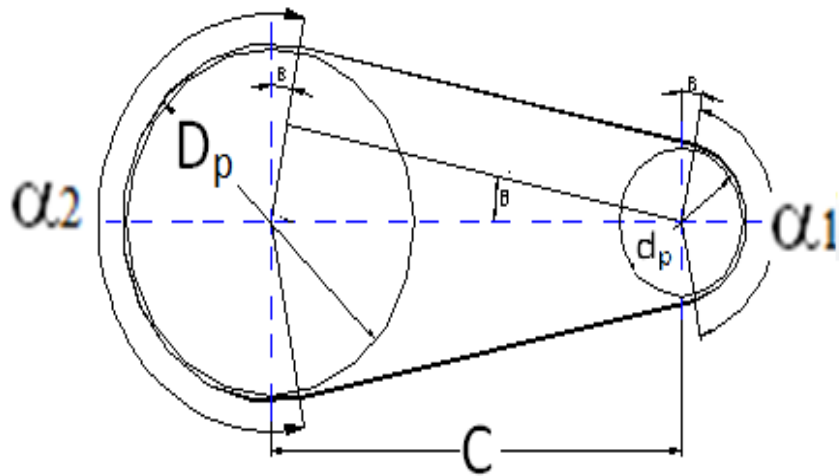
$$v = \frac{(200)(100)(\pi)}{6000} \leq v_{max}$$

$$v = 10,57 \frac{m}{s} \leq v_{max}$$

Al determinar la velocidad cumple con ser menor que la recomendada.

**4.4.2.10**      *Ángulos de abrazamiento.* Se procede a determinar el ángulo de contacto, por medio de la siguiente ecuación:

Figura 73. Gráfico ángulos de abrazamiento



Fuente: Autores

$$Ar = 180^\circ - 60^\circ \frac{D_p - d_p}{C_c} \quad (50)$$

$$Ar = 180^\circ - 60^\circ \frac{D_p - d_p}{C_c}$$

$$Ar = 180^\circ - 60^\circ \frac{(100 - 100)mm}{268,5 mm}$$

$$Ar = 180^\circ$$

Ángulo  $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{180^\circ - 180^\circ}{2} \quad (51)$$

Reemplazando:

$$\alpha = 0^\circ$$

Ángulo  $\beta$ :

$$\beta = 180^\circ + 2\alpha \quad (52)$$

Reemplazando:

$$\beta = 180^\circ + 2(0^\circ)$$

$$\beta = 180^\circ$$

**4.4.2.11** *Tensiones producidas en la polea.* La relación de tensiones producidas en la banda trapezoidal está dada por medio de la siguiente ecuación:

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{\frac{f \cdot \theta}{\sin(\frac{\gamma}{2})}} \quad (53)$$

Dónde:

$T_1$  = fuerza en el lado tirante.

$T_2$  = fuerza en el lado flojo.

$f$  = coeficiente de rozamiento.

$\theta$  = ángulo de contacto en el lado conducido en radianes.

$\gamma$  = ángulo de garganta de la correa en grados.

$$\theta = \beta = 180^\circ \left( \frac{2\pi}{360^\circ} \right)$$

$$\theta = 3,14$$

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{2,57}$$

$$T_1 = 13,07 T_2$$

**4.4.2.12** *Potencia.* Para el cálculo de la potencia, se utiliza la siguiente ecuación:

$$P = \frac{(T_1 - T_2) * v}{33000} \quad (54)$$

Dónde:

$v$  = velocidad de la correa (pie/min)

$$v = 10,57 \frac{m}{s} = 2080,71 \frac{pie}{min}$$

$$0,5 = \frac{(T_1 - T_2)(2080,71 \frac{pie}{min})}{33000}$$

Reemplazando:

$$T_1 - T_2 = 7,93$$

$$13,07 T_2 - T_2 = 7,93$$

$$T_2 = 0,67 lb$$

$$T_1 = 5,31 lb$$

Cálculo de las tensiones en los ejes:

$$T_x = (T_1 - T_2)Sen(\alpha) \quad (55)$$

$$T_x = (5,31 lb - 0,67 lb)Sen(0^\circ)$$

$$T_x = 0 lb$$

$$T_y = (T_1 + T_2)Cos(\alpha) \quad (56)$$

$$T_y = (5,31 lb + 0,67 lb)Cos(0^\circ)$$

$$T_y = 4,64 \text{ lb} = 2,1 \text{ kgf}$$

#### 4.4.2.13 Torque

$$T = (T_1 - T_2) * \frac{D_p}{2}$$

$$T = (2,1 \text{ kgf} - 0 \text{ kgf}) * \frac{(10\text{cm})}{2}$$

$$T = 21,04 \text{ kgf.cm}$$

#### 4.4.3 Eje roscador

Figura 74. Esquema eje de elevación



Fuente: Autores

Las fuerzas que van a soportar el eje es el peso de los elementos del pedestal de dosificación.

$$F_T = 41,19 \text{ kgf}$$

Condiciones de extremo:

$$l_p = (2)(L) \quad (57)$$

$l_p$  = longitud de pandeo de la columna.

$L$  = longitud del eje = 85 cm

$$l_p = (2)(85 \text{ cm}) = 170 \text{ cm}$$

$$\lambda = 4 \frac{l_p}{d} \quad (58)$$

$\lambda$  = razón de esbeltez.

$d$  = diámetro del eje = 2 cm

$$\lambda = 4 \left( \frac{170 \text{ cm}}{2,54 \text{ cm}} \right) = 267,72 \text{ kgf}$$

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{2E\pi^2}{S_y}} \quad (59)$$

$\lambda_0$  = razón de esbeltez.

$E$  = módulo de elasticidad del material (Anexo C)

$S_y$  = límite de fluencia del material (Anexo A)

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{2 \left( 1,96 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) \pi^2}{2100 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}} = 135,7$$

Como:

$$\lambda > \lambda_0$$

$$267,72 > 135,73 \quad \text{Columna de Euler}$$

Entonces aplicamos la ecuación de columna de Euler:



$$\frac{nP_r}{A} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \quad (60)$$

$P_r$  = carga real.

$A$  = área del eje =  $5,07 \text{ cm}^2$

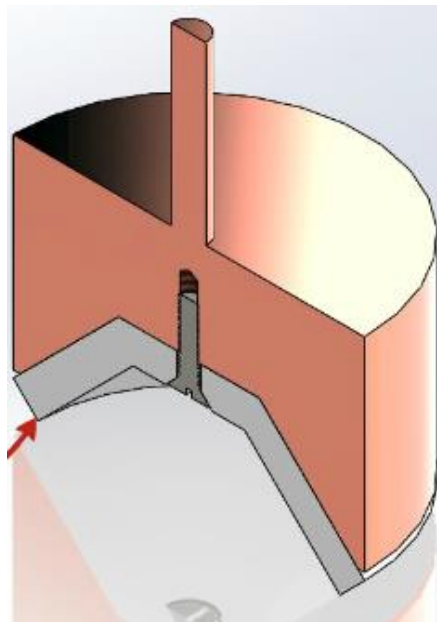
$n$  = coeficiente de seguridad.

Reemplazando datos, hallamos el coeficiente de seguridad:

$$n = \frac{\pi^2 \left( 1,96 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) (5,07 \text{ cm}^2)}{(267,72)^2 (521,43 \text{ kg})} = 33,22$$

**4.4.4 Boquilla de roscado.** La boquilla de roscado se diseña tomando en cuenta que se maneja diámetros de tapas de 28mm y 40 mm, por lo que se realizó una configuración cónica la misma que brinda la posibilidad de sostener tapas de diferente tamaño.

Figura 75. Boquilla de roscado

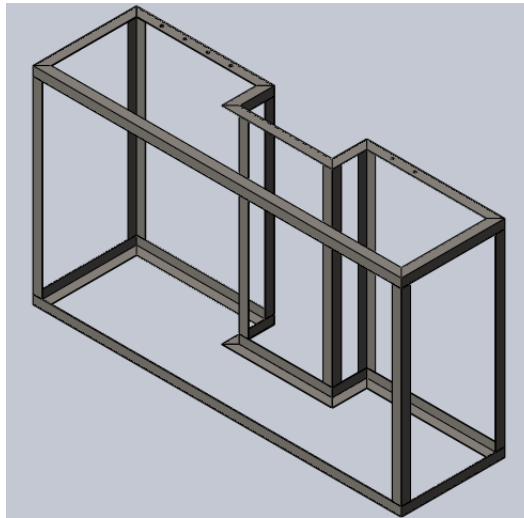


Fuente: Autores

## 4.5 Diseño estructura

El diseño de la estructura se va a realizar con el método de elementos finitos.

Figura 76. Esquema de estructura

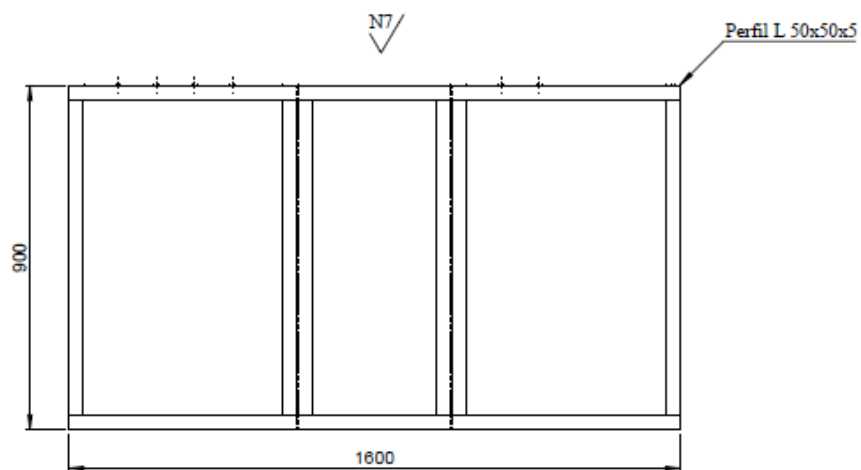


Fuente: Autores

#### 4.5.1 Pre-proceso

**Características geométricas.** La estructura es construida con perfiles en L, el material utilizado es acero inoxidable AISI 304, que cumple con las características necesarias para la fabricación de refrescos.

Figura 77. Configuración geométrica de la estructura



Fuentes: Autores

La carga total que debe soportar la estructura es el resultado de la suma de los pesos de los diferentes sistemas que forman parte del equipo como:

Sistema de dosificación: 75,64 kg

Sistema de colocación de tapas: 5 kg

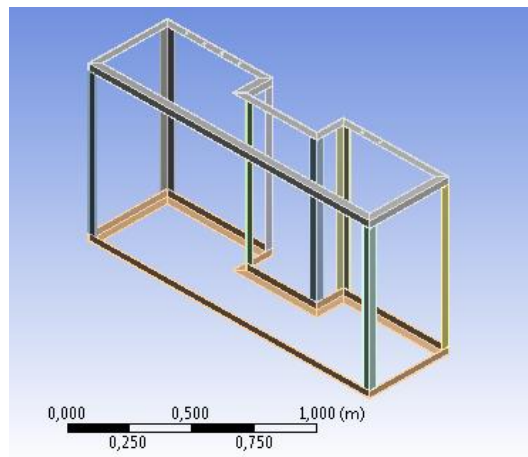
Sistema de roscado: 43,33 kg

Sistema de transporte: 79,11 kg

Panel de control: 22,25 kg

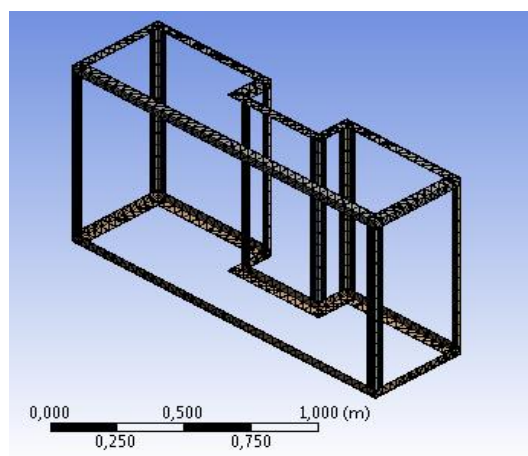
**4.5.2 Solución de análisis.** El primer paso es ingresar la estructura al entorno MEF.

Figura 78. Estructura en entorno MEF



Fuente: Autores

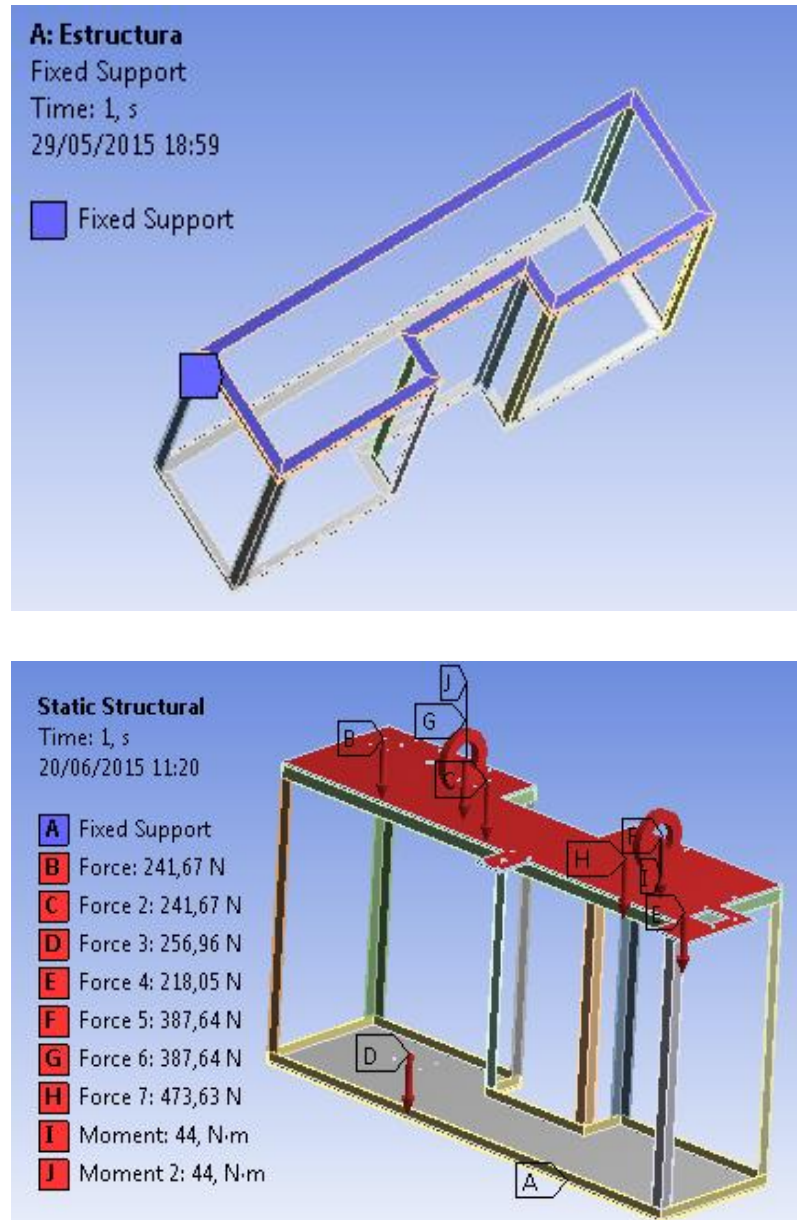
Figura 79. Mallado de estructura



Fuente: Autores

Como siguiente paso, se define los parámetros como la carga que actúa sobre la estructura y los puntos de apoyo.

Figura 80. Puntos de apoyo y cargas

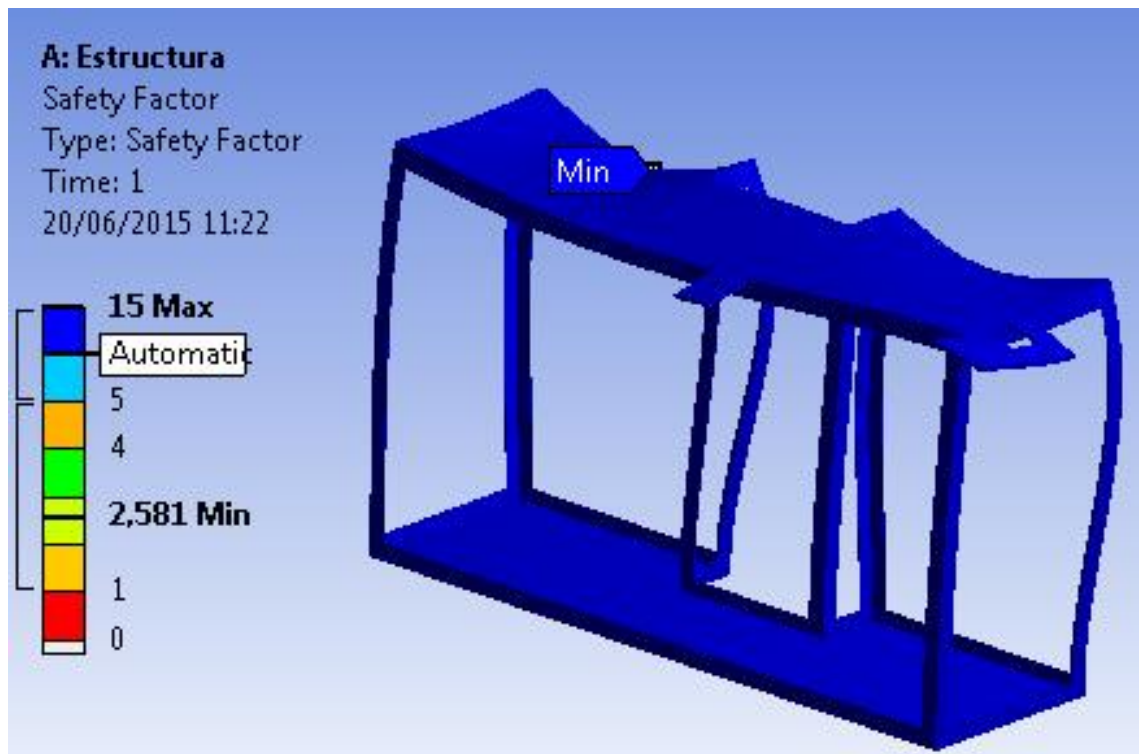


Fuente: Autores

#### 4.5.3 Post-proceso

**Resultados.** Los principales resultados que nos ayudarán a determinar si la estructura resiste o no la carga aplicada y de esta manera evaluar el diseño son: el coeficiente de seguridad.

Figura 81. Análisis estructura



Fuente: Autores

La resistencia de la estructura es eficiente ya que posee altos valores de coeficiente de seguridad que garantizan una buena resistencia sin producir deformaciones, ni provocar el colapso de la estructura.

#### 4.6 Elementos neumáticos

**4.6.1 Cilindro neumático.** El cilindro neumático se encarga del control del movimiento del cabezal de dosificación es decir el desplazamiento de subida y bajada.

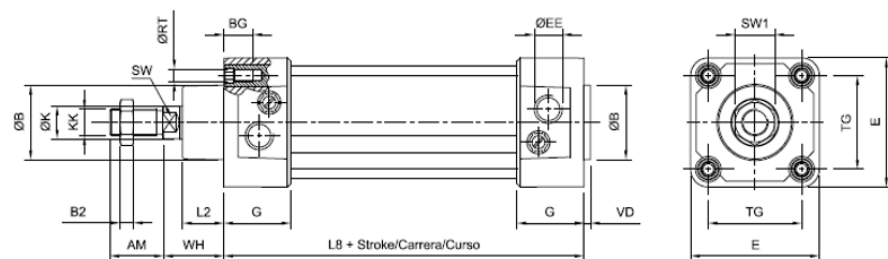
Para determinar el tipo de cilindro que utilizaremos depende del peso de dosificación, la presión máxima de aire comprimido.

$$W_T = 51 \text{ kgf} = 500 \text{ N}$$

$$P_{\text{aire}} = 5 \text{ bar}$$

El cilindro seleccionado tiene un diámetro de 40 mm de acuerdo al (Anexo I).

Figura 82. Características del cilindro



Ø	AM	ØB	BG	B <sub>2</sub>	ØEE	E	G	ØK	ØKK	L <sub>2</sub>	L <sub>8</sub>	ØRT	SW	SW <sub>1</sub>	TG	VD	WH
32	22	30	17,5	5	G 1/8"	48	29	12	M 10 x 1,25	18	94	M6 x 1	10	16	32,5	4	26
40	24	35	17,5	6	G 1/4"	55	32,5	16	M 12 x 1,25	20	105	M6 x 1	13	18	38	4	30
50	32	40	17,5	8	G 1/4"	65	33	20	M 16 x 1,5	25	106	M8 x 1,25	16	24	46,5	4	37
63	32	45	17,5	8	G 3/8"	78	40,5	20	M 16 x 1,5	25	121	M8 x 1,25	16	24	56,5	4	37
80	40	45	18,5	10	G 3/8"	96	42	25	M 20 x 1,5	32	128	M10 x 1,5	21	30	72	4	46
100	40	55	18,5	10	G 1/2"	116	45	25	M 20 x 1,5	37	138	M10 x 1,5	21	30	89	4	51
125	54	60	27,5	12	G 1/2"	140	55	32	M 27 x 2	45	160	M12 x 1,75	27	41	110	6	65
160	72	65	34	18	G 3/4"	180	58	40	M 36 x 2	60	180	M16 x 2	36	50	140	6	80
200	72	75	23	18	G 3/4"	220	61	40	M 36 x 2	70	180	M16 x 2	36	55	175	7	95
250	84	90	27	21	G 1"	280	67	50	M 42 x 2	80	200	M20 x 2,5	46	65	220	10	105

Fuente: (Micro)

Tabla 16. Especificaciones de cilindro

Tipo	MICRO
Fluido	Aire comprimido
Función	Cilindro de doble efecto, anillos y discos elásticos
Presión de funcionamiento	1,5-10 bar

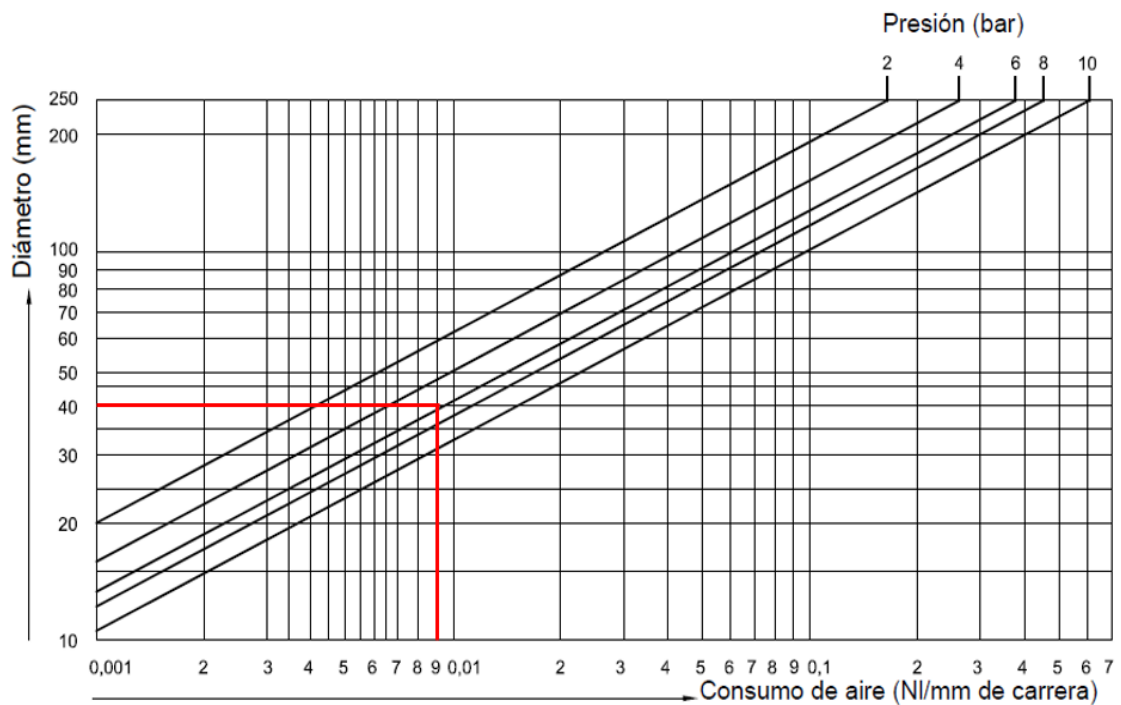
Tabla 16. (Continuación)

Temperatura de funcionamiento	-20.....+80 °C
Material	Camisa de acero inoxidable, culata de aluminio
Diámetro del émbolo o camisa	40 mm
Diámetro del vástago	16 mm
Carrera	15 cm

Fuente: Autores

**4.6.1.1 Consumo de aire de cilindro.** El consumo de aire del cilindro es calculado con un nomograma de catálogo.

Figura 83. Consumo de aire del cilindro



Fuente: (Micro)

El valor de consumo de aire es 0,009 NI/mm.

**4.6.2 Mini cilindros neumático.** Los dos mini cilindros son utilizados para separar las botellas en el cabezal de dosificación, que deben tener la carrera adecuada que depende del ancho de la cadena de transporte.

Figura 84. Mini cilindro FESTO



Fuente: Autores

Tabla 17. Especificaciones mini cilindro FESTO

Tipo	DNSU
Fluido	Aire comprimido según ISO 85731:2010 [7:4:4]
Función	Cilindro de doble efecto, anillos y discos elásticos
Presión de funcionamiento	1,5-10 bar
Temperatura de funcionamiento	-20.....+80 °C



Tabla 17. (Continuación)

Material	Camisa de acero inoxidable, culata de aluminio
Diámetro del émbolo o camisa	20mm
Diámetro del vástago	5mm
Carrera	10cm

Fuente: Autores

**4.6.3 Válvulas.** La válvula va a ser utilizada para orientar el flujo de aire hacia el cilindro que se encarga de controlar el movimiento de sube y baja del cabezal de dosificación, que viene a constituir como un órgano de mando.

Figura 85. Válvula distribuidora



Fuente: Autores

Tabla 18. Especificaciones válvula FESTO

Modelo	FESTO MFH-5-1/4-6211
Tipo	Válvula 5/2 distribuidor monoestable(con muelle)
Montaje	Mediante

Tabla 18. (Continuación)

Conexión	G 1/4
Temperaturas	10-60 °C
Fluido	Aire comprimido filtrado y lubricado
Presión de trabajo	2,2-8 bar
Tensión seleccionada para solenoide	110 VAC-60 Hz

Fuente: Autores

**4.6.4 Unidad técnica de mantenimiento.** La unidad técnica de mantenimiento es necesaria para que los sistemas neumáticos funcionen de forma correcta, que está constituida de un filtro de aire, colector condensado y válvula reguladora de presión.

Figura 86. Unidad técnica de mantenimiento



Fuente: Autores

Tabla 19. Especificaciones UTM

Modelo	UTM NORGREN
Tipo	B07
Fluido	Aire comprimido
Montaje	Mediante 2 tornillos de sujeción
Conexión	1/8"
Temperaturas	-34.....+50 °C
Presión de trabajo	10 bar (150 psig)
Filtración	5 micras o 40 micras
Tipo de válvula	Relief
Peso	0,5 kg

Fuente: Autores

**4.6.5 Sensores.** El sensor escogido para controlar el número de botellas que ingresan al cabezal de dosificación, es de tipo fotoeléctrico que detecta, clasifica y posiciona los envases de los refrescos.

Figura 87. Sensor fotoeléctrico



Fuente: Autores

Tabla 20. Especificaciones sensor fotoeléctrico

Modelo	DL-S6-5-M 25
Tipo	Sensor fotoeléctrico
Emisión de luz	Red LED 660 nm
Distancia de operación	3-25 cm
Temperatura de operación	-25....+55 °C
Tensión	10...30 Vdc
Peso	40 g

Fuente: Autores

**4.6.6 Tubería neumática.** La tubería utilizada para el sistema neumático, generalmente está fabricada de un material de poliamida, poliuretano, cobre, entre otros, estos materiales se caracterizan por su flexibilidad.

Figura 88. Tubería neumática



Fuente: Autores

Tabla 21. Especificaciones tubería neumática

Material	Poliuretano
Presión máximo	10 Bar
Fluido	Aire comprimido
Temperaturas	10.....70 °C
Conexión	G ¼
Diámetro tubería	8 mm

Fuente: Autores

Figura 89. Conector rápido T



Fuente: Autores

Tabla 22. Especificaciones conector rápido T

Modelo	SPE-08
Fluido	Aire comprimido
Conexión	G ¼
Diámetro	8 mm

Fuente: Autores

Figura 90. Conector rápido recto



Fuente: Autores

Tabla 23. Especificaciones conector rápido recto

Modelo	JPC-03
Fluido	Aire comprimido
Conexión	G ¼
Diámetro	8 mm

Fuente: Autores

**4.6.7 Finales de carrera.** Para el sensado por contacto del movimiento del cabezal de dosificación se utilizó un final de carrera tipo pulsador.

Figura 91. Final de carrera SCHEMERSAL



Fuente: Autores

Tabla 24. Especificación final de carrera SCHEMERSAL

Marca	SCHEMERSAL
Tipo	Pulsador
Modelo	MV. 330-11y-1366
Voltaje	110 Vac
Corriente	6 A

Fuente: Autores

#### 4.6.8 Contactor

Figura 92. Contactor SASSA



Fuente: Autores

Tabla 25. Especificaciones contactor SASSA

Marca	SASSA
Tipo	LC1D18 10
Tensión a la bobina	110 Vac
Frecuencia	50/60 Hz
Potencia	4 kw
Voltaje	110/220 Vac

Fuente: Autores

#### 4.6.9 Relay

Figura 93. Relay beta



Fuente: Autores



Tabla 26. Especificaciones relay beta

Marca	beta
Tipo	BTAI-2C
Tensión a la bobina	110 Vac

Fuente: Autores

#### 4.6.10 Controlador lógico programable

Figura 94. PLC LG Master K30s



Fuente: Autores

Tabla 27. Especificaciones PLC LG Master K30s

Marca	LG
Tipo	Master K-30s
Fuente de alimentación	100-240 VAC
Frecuencia	47-63 HZ
Entradas	10

Tabla 27. (Continuación)

Salidas	10
Instrucciones	30 instrucciones básicas/154 aplicaciones
Temperatura de operación	0-55 °C

Fuente: Autores

**4.6.11 Características del compresor.** El compresor utilizado en la empresa, distribuye a todos los equipos de la misma el aire comprimido necesario para el funcionamiento de los equipos, ya que este es un compresor de alta presión.

Figura 95. Compresor SCHULZ



Fuente: Autores

Tabla 28. Especificaciones compresor SCHULZ

Marca	SCHULZ
Tipo	MSWI 5,2 ML
Desplazamiento teórico	5,2 pies <sup>3</sup> /min

Tabla 28. (Continuación)

Presión máxima	120 psi
RPM	150
Potencia de motor	1hp
Peso bruto	276 kg
Ancho x altura x largo	650x1380x1990 mm

Fuente: Autores

## 4.7 Implementación del sistema de control

**4.7.1 Programación del PLC.** El sistema de programación permite mediante el autómata, confeccionar el programa de usuario, después de realizarlo se procede a transferir el mismo a la memoria del PLC. La programación del PLC consiste en establecer una sucesión ordenada de instrucciones, realizadas en el lenguaje de programación seleccionado.

Las instrucciones se encuentran en el sistema de programación, están se encargan de generar una serie de órdenes para realizar el control del proceso que se desea realizar.

**4.7.2 Entradas PLC.** Las entradas del PLC tienen la tarea de recibir las órdenes que gobiernan el proceso, mediante la interfaz estas órdenes son adaptadas y codificadas en forma comprensible para el CPU.

Tabla 29. Designación entrada PLC

ENTRADAS DEL PLC LG (Master-K30s)			
Nº	Función	Dispositivo	Designación
1	Envase 250 ml	Interruptor 250ml	P0001
2	Envase 500 ml	Interruptor 500 ml	P0002

Tabla 29. (Continuación)

3	Contador de entrada	Sensor fotoeléctrico	P0003
4	Contador de salida	Sensor fotoeléctrico	P0004
5	Dosificador abierto	Final de carrera	P0005
6	Dosificador cerrado	Final de carrera	P0006

Fuente: Autores

**4.7.3 Salida del PLC.** La sección de salida también mediante interfaz trabaja de forma inversa a las entradas, esto quiere decir que se encarga de codificar las señales procedentes del CPU, además de amplificar y controla los dispositivos de salida o actuadores como lámparas, relés, cilindros, entre otros, el autómatas tiene interfaces de adaptación a las salidas de protección de circuitos internos.

Tabla 30. Designación salida PLC

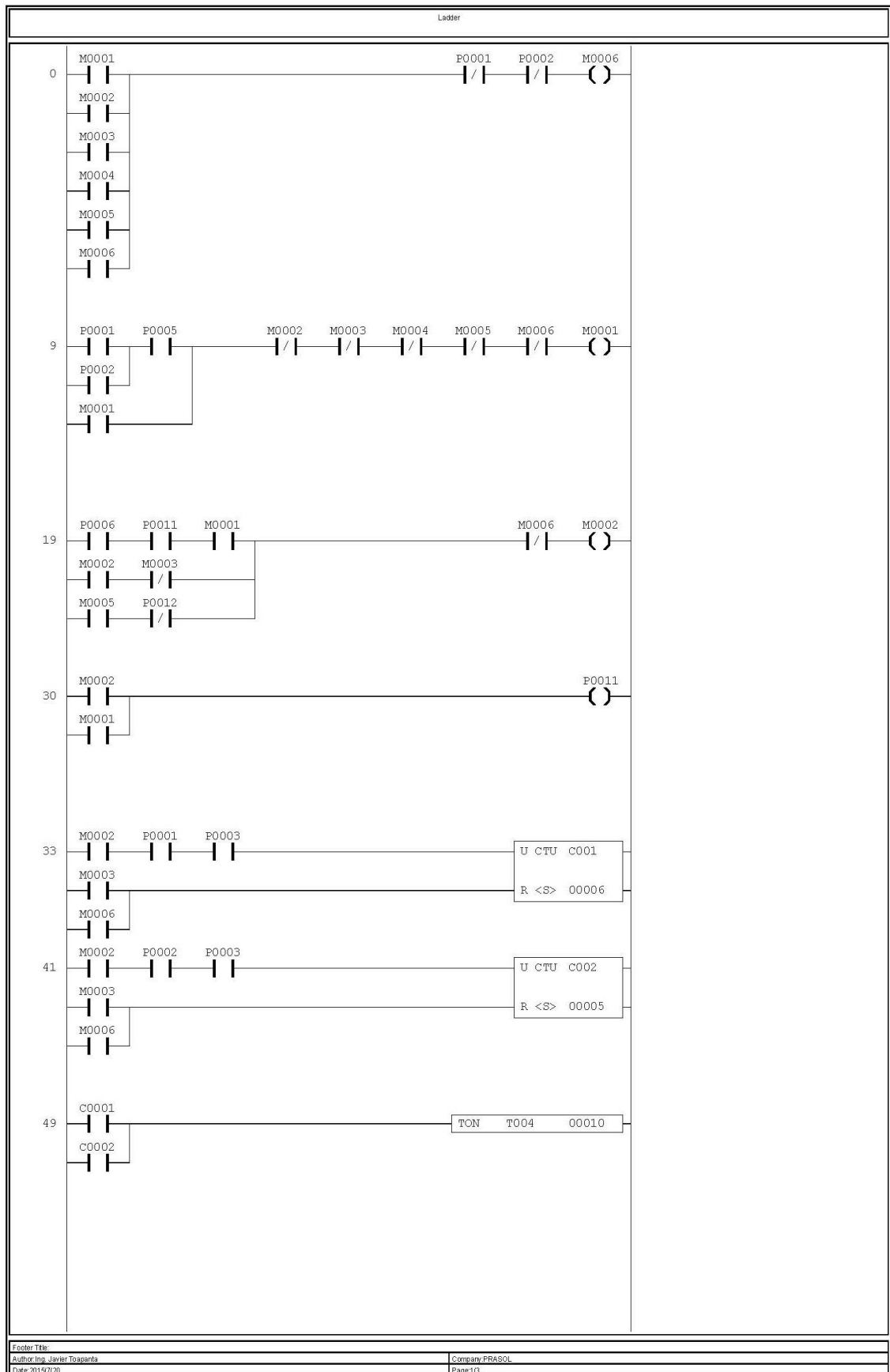
<b>SALIDAS DEL PLC LG (Master-K30s)</b>			
<b>Nº</b>	<b>Función</b>	<b>Dispositivo</b>	<b>Designación</b>
10	Subir dosificador	Electroválvula	P0010
11	Ingreso de botellas	Electroválvula	P0011
12	Salida de botellas	Electroválvula	P0012
13	Arranque de motor	Contactor	P0013

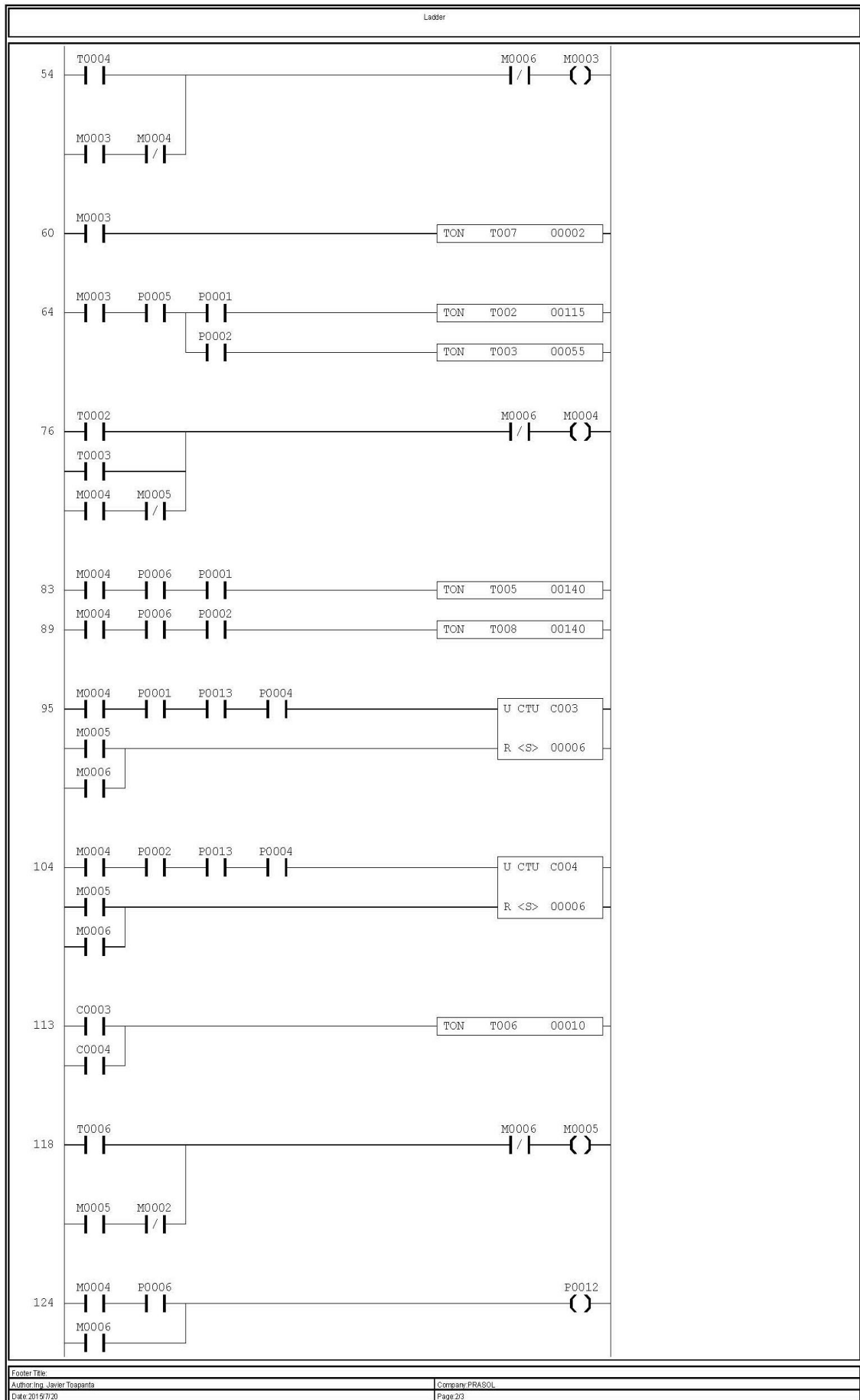
Fuente: Autores

**4.7.4 Programa de control de proceso.** Para realizarse el programa de control de la máquina se utilizó el lenguaje de programación ladder, este tipo de programación se caracteriza por la facilidad de interpretación, y es recomendada por el fabricante del PLC.

A continuación se detalla el programa de la máquina:

Figura 96. Programa PLC



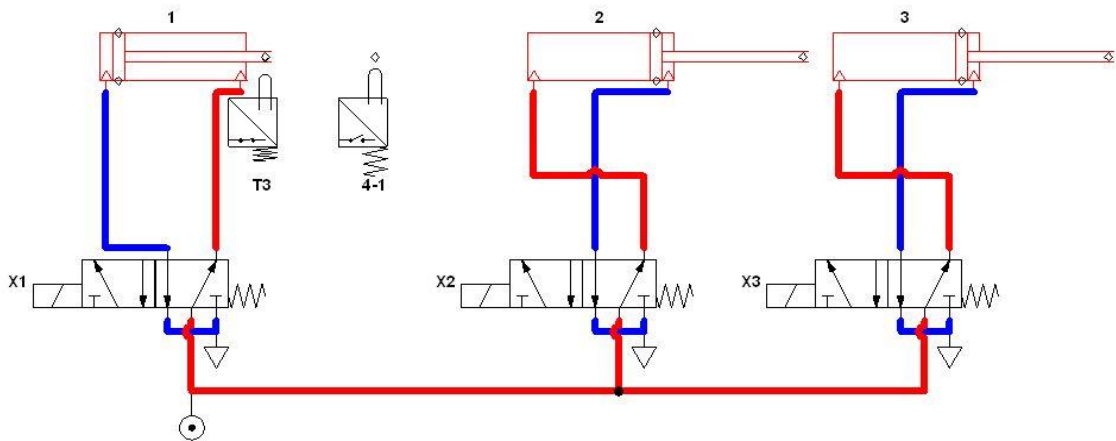




**4.7.5 Sistema neumático.** El esquema de control neumático debe seguir la siguiente secuencia:

Pausa 5s/B-/Contar 6 envases /B+/D-A-/Pausa llenado/A+/C-/D+/ Contar 6 envases/C+

Figura 97. Esquema de control neumático

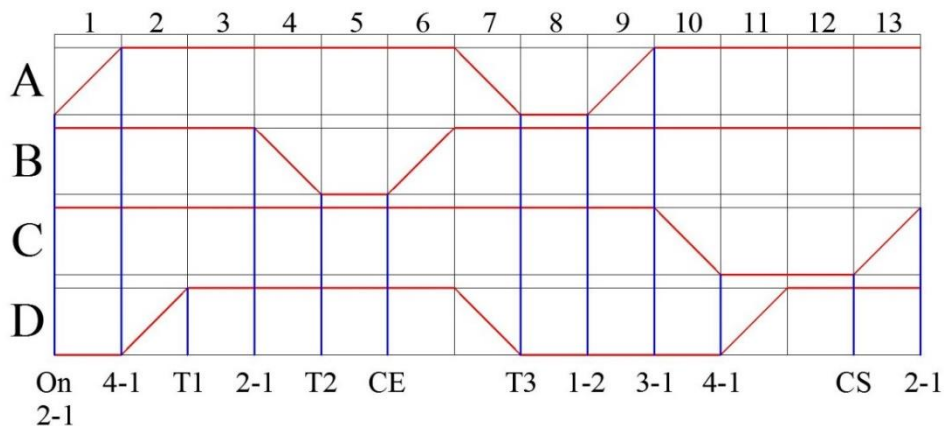


Fuente: Autores

El diagrama de fase de los cilindros se puede observar en la siguiente figura:

Figura 98. Diagrama de fase

A+/D+/Pausa 5s/B-/Contrar 6 Env./B+/D-A-/Pausa Llenado/A+/C-/D+/Contar 6Env./C+

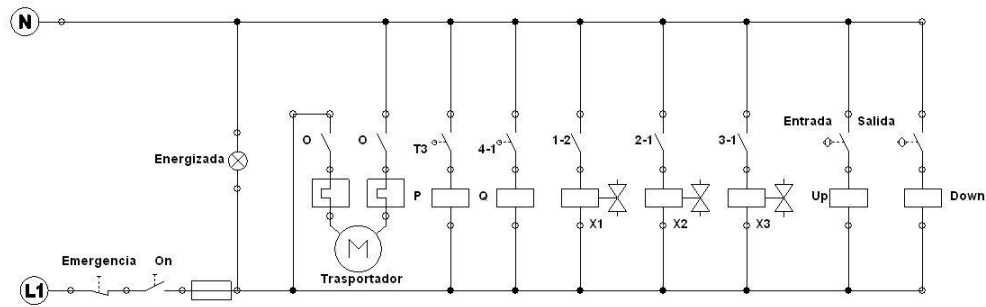


Fuente: Autores

**4.7.6 Circuito electro-neumático.** Este circuito potencia se encarga de controlar el paso de corriente a los relés, los cuales se encargan de activar un dispositivo de salida en nuestro caso el motor que controla el movimiento de la cadena.



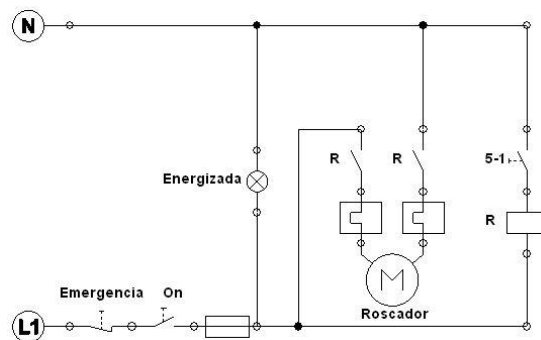
Figura 99. Circuito electro-neumático



Fuente: Autores

**4.7.7 Circuito de potencia para el roscador.** Debido a que el mecanismo de roscado es semi-automático, el circuito de potencia para el accionamiento del moto-reductor es independiente del PLC.

Figura 100. Circuito de potencia del roscador



Fuente: Autores

## 4.8 Construcción y montaje

A continuación se muestra una lista de las máquinas y herramientas utilizadas para la construcción y montaje de la envasadora de refrescos.

- Cortadora manual.
- Soldadora de alta frecuencia TIG.
- Torno.
- Fresadora.
- Taladro de pedestal.

- Baroladora.
- Plegadora manual.
- Taladro manual.
- Amoladora.
- Esmeril.
- Prensa de banco.
- Flexómetro.
- Calibrador pie de rey.
- Martillo.
- Limas.
- Brocas.
- Llaves.
- Machuelos.
- Destornilladores.
- Alicates.
- Pico de loro.
- Llave de tubo.

**4.8.1 Proceso de construcción.** El proceso de construcción debe seguir una serie de etapas en forma secuencial para de esta forma economizar el uso de recursos y reducir el tiempo de construcción, por lo que se divide en sistemas que nos ayudan a tener mayor eficiencia en tiempo de construcción.

Tabla 31. Proceso de construcción

<b>Sistema</b>	<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Material/Modelo</b>
Estructura del equipo	Estructura	1	Acero inoxidable

Tabla 31. (Continuación)

Estructura del equipo	Placa base	1	Acero inoxidable
	Placa superior	1	Acero inoxidable
	Tornillos de soporte	4	Acero inoxidable
	Planchas de cubierta	3	Acero inoxidable
Sistema de transporte	Perfil transportador	6	Acero inoxidable
	Soporte base del transportador	2	Acero inoxidable
	Piñones	2	Nylon
	Ejes	2	Acero inoxidable
	Separadores	6	Acero inoxidable
	Guías ajustables	8	Acero inoxidable
	Barras guías Ø 9mm	2	Acero inoxidable
	Soporte barras guías	8	Nylon
	Corredera	2	Nylon
	Chumaceras	4	Fundición gris
	Motor-reductor	1	CSM 0,37Kw 1600 rpm
Sistema de dosificación	Ejes guías	2	Acero inoxidable
	Base de ejes guías	2	Acero inoxidable
	Barra soporte pistolas de dosificación	2	Acero inoxidable

Tabla 31. (Continuación)

Sistema de dosificación	Unión barras soportes	2	Acero inoxidable
	Ejes secundarios	3	Acero inoxidable
	Soporte ejes secundarios	3	Acero inoxidable
	Tornillo regulador altura	1	Acero inoxidable
	Bocines ejes guías	3	Acero inoxidable
	Bocines ejes secundarios	3	Acero inoxidable
	Bocines tornillo	1	Acero inoxidable
	Soporte de bocines	1	Acero inoxidable
	Pistolas de dosificación	6	Acero inoxidable
	Ring	6	Caucho
	Acople tornillo-cilindro	1	Acero inoxidable
	Soporte cilindro	1	Acero inoxidable
Sistema de tapado	Recipiente de tapas	1	Acero inoxidable
	Soporte de recipiente	1	Acero inoxidable
	Eje guía	1	Acero inoxidable
	Seguro eje guía	1	Acero inoxidable
	Tornillo regulador altura	1	Acero inoxidable
	Manija	1	Acero inoxidable
	Polea conductora	2	Acero inoxidable

Tabla 31. (Continuación)

Sistema de tapado	Polea conducida	1	Acero inoxidable
	Soporte eje guía	1	Acero inoxidable
	Eje roscador	1	Acero inoxidable
	Eje motor reductor	1	Acero inoxidable
	Apoyo eje roscador	1	Acero inoxidable
	Bancada	1	Acero inoxidable
	Banda	1	DAYCO
	Motor-reductor	1	Acero inoxidable
Componentes Neumáticos	Cilindro neumático 10 BAR	1	Micro
	Mini-cilindros	2	Festo
	Electroválvula 5/3 1/4	3	Festo
	Bobina 110 Vac	3	Festo
	UTM 1/2"	1	
	Conector recto 8 mm	10	JPC8-02

Tabla 31. (Continuación)

	Regulador de caudal	2	6.01.14 N
Componentes de Control	PLC LG	1	Master K-30s
	Porta fusible y fusible	2	IEC 269
	Porta relay y relay	1	011GB
	Lámpara indicadora	1	CNC
Componentes de Control	Pulsador nariz de pinocho	1	CNC
	Selector dos posiciones (ON-OFF)	3	SASSIN ZB2-BE102
	Canaletas	1	Plástico
	Borneras 12	1	AWG
	Conductor eléctrico	1	AWG
	Contactor	1	LCAD1810
	Sensores fotoeléctricos	2	S6-5-M25
	Finales de carrera	2	Shemersal
	Enchufe 3 patas	1	AWG

Fuente: Autores

**4.8.2 Operaciones tecnológicas y tiempos de construcción.** A continuación se detallan las operaciones tecnológicas necesarias para la construcción de los diferentes sistemas así como los tiempos ocupados en estos.

**4.8.2.1 Construcción sistema estructural**

Tabla 32. Construcción sistema estructural


<b>Sistema estructural</b>			
			
<b>Elemento</b>	<b>Nº</b>	<b>Operación tecnológica</b>	<b>Tiempo (h)</b>
Estructura	1	Toma de medidas	0,5
	2	Trazado	2
	3	Corte	2,5
	4	Soldado	5
	5	Limpieza escoria	1,5
Estructura	6	Taladrado	1
	7	Limado	0,5
Placa Base	8	Trazado	0,5

Tabla 32. (Continuación)

Placa Base	9	Corte	1,5
	10	Taladrado	1
	11	Limado	0,5
	12	Limpieza	0,25
Placa Superior	13	Toma de medidas	0,25
	14	Trazado	0,5
	15	Corte	1,5
	16	Taladrado	1
	17	Limado	0,5
	18	Limpieza	0,25
Tornillos de soporte	19	Toma de medidas	0,25
	20	Corte	0,5
Tornillos de soporte	21	Torneado	4
	22	Soldado	0,5
	23	Lijado	0,25
	24	Limpieza escoria	0,25
Planchas cubierta lateral	25	Toma de medidas	1
	26	Trazado	2



Tabla 32. (Continuación)

Planchas cubierta lateral	27	Corte	4
	28	Barolado	3
	29	Soldado	2
	30	Limpieza escoria	0,5
	31	Taladrado	2
	32	Limado	0,5
	33	Lijado	0,25

Fuente: Autores

#### 4.8.2.2 Construcción sistema de dosificación

Tabla 33. Construcción sistema de dosificación



Tabla 33. (Continuación)

<b>Elemento</b>	<b>Nº</b>	<b>Operación tecnológica</b>	<b>Tiempo (h)</b>
Ejes guías	34	Trazado	0,25
	35	Corte	0,5
	36	Torneado	3
	37	Taladrado	1
	38	Limado	0,5
	39	Pulido	0,5
Base eje guía	40	Trazado	0,25
	41	Corte	0,5
	42	Torneado	3
	43	Taladrado	2
	44	Limado	0,5
	45	Pulido	0,5
Barra 1 soporte pistolas de dosificación	46	Trazado	0,25
	47	Corte	0,5
	48	Pulido	0,5

Tabla 33. (Continuación)

Barra 1 soporte pistolas de dosificación	49	Taladrado	0,5
	50	Limado	0,25
Barra 2 soporte pistolas de dosificación	51	Trazado	0,25
	52	Corte	0,5
	53	Taladrado	1
	54	Limado	0,5
	55	Pulido	0,25
Uniones barras	56	Trazado	0,25
	57	Corte	0,25
	58	Taladrado	0,5
	59	Limado	0,25
	60	Pulido	0,25
Ejes secundarios	61	Trazado	0,5
	62	Corte	1
	63	Taladrado	1
	64	Limado	0,5
	65	Pulido	0,5

Tabla 33. (Continuación)

Tornillo regulador de altura	66	Toma de medidas	0,25
	67	Trazado	0,25
	68	Corte	0,5
	69	Torneado	2
	70	Pulido	0,5
Bocines	71	Toma de medidas	0,5
	72	Trazado	0,5
	73	Corte	1
	74	Torneado	3
	75	Taladrado	1
	76	Limado	0,5
	77	Pulido	0,5
Soporte bocines	78	Trazado	0,25
	79	Corte	1
	80	Soldado	2
	81	Limpieza escoria	0,5
	82	Pulido	0,5

Tabla 33. (Continuación)

Pistolas de dosificación	83	Toma de medidas	0,5
	84	Trazado	1
	85	Corte	1
	86	Torneado	3
	87	Taladrado	1
	88	Limado	0,5
	89	Pulido	0,5
	90	Ensamblado	1
Acople tornillo-cilindro	91	Toma de medidas	0,25
	92	Trazado	0,5
	93	Corte	0,5
	94	Torneado	1
	95	Pulido	0,5
	96	Ensamblado	0,5
Soporte cilindro	97	Trazado	0,25
	98	Corte	0,25
	99	Taladrado	0,5

Tabla 33. (Continuación)

Soporte cilindro	100	Limado	0,25
	101	Soldado	0,5
	102	Limpieza escoria	0,25
	103	Pulido	0,5
	104	Ensamblado	0,25

Fuente: Autores

#### 4.8.2.3 Construcción sistema de tapado

Tabla 34. Construcción sistema de tapado

Sistema de tapado


Tabla 34. (Continuación)

<b>Elemento</b>	<b>Nº</b>	<b>Operación tecnológica</b>	<b>Tiempo (h)</b>
Recipiente de tapas	105	Trazado	0,25
	106	Corte	0,5
	107	Soldado	0,5
	108	Limpieza escoria	0,25
Soporte recipiente	109	Toma medidas	0,25
	110	Trazado	0,25
	111	Corte	0,25
	112	Ensamblado	0,5
Eje guía	113	Trazado	0,25
	114	Corte	0,5
	115	Torneado	0,5
	116	Fresado	2
	117	Pulido	0,25
Seguro eje guía	118	Toma de medidas	0,1
	119	Trazado	0,25
	120	Corte	0,25

Tabla 34. (Continuación)

	121	Torneado	0,5
	122	Soldado	0,25
	123	Limpieza escoria	0,1
	124	Pulido	0,25
Tornillos regulador de altura	125	Trazado	0,25
	126	Corte	0,5
	127	Torneado	1,5
	128	Limpieza	0,1
Manija	129	Trazado	0,25
	130	Corte	0,5
	131	Torneado	2
	132	Soldado	0,5
	133	Limpieza escoria	0,1
	134	Pulido	0,25
Polea	135	Trazado	0,5
	136	Corte	0,5
	137	Torneado	1,5



Tabla 34. (Continuación)

Polea	138	Fresado	1
	139	Pulido	0,25
Soporte eje guía	140	Trazado	0,25
	141	Corte	0,5
	142	Torneado	1
	143	Soldado	0,5
	144	Limpieza escoria	0,1
	145	Taladrado	1
	146	Limado	0,25
	147	Lijado	0,1
	148	Pulido	0,25
Eje roscador	149	Trazado	0,1
	150	Corte	0,25
	151	Torneado	0,5
	152	Fresado	1
	153	Pulido	0,25
Eje motor reductor	154	Trazado	0,1

Tabla 34. (Continuación)

	155	Corte	0,25
	156	Torneado	0,5
	157	Fresado	1
	158	Pulido	0,25
Apoyo eje roscador	159	Trazado	0,25
	160	Corte	0,25
	161	Torneado	0,5
	162	Taladrado	0,5
	163	Limado	0,25
	164	Lijado	0,1
	165	Pulido	0,1
Bancada	166	Toma de medidas	0,25
	167	Trazado	0,25
	168	Corte	0,5
	169	Fresado	0,5
	170	Limado	0,25
	171	Pulido	0,25

Tabla 34. (Continuación)

Placa Base manija	172	Toma de medidas	0,1
	173	Trazado	0,1
	174	Corte	0,25
	175	Taladrado	0,25
	176	Limado	0,1
	177	Pulido	0,1

Fuente: Autores

#### 4.8.2.4 Construcción sistema de transporte

Tabla 35. Construcción sistema de transporte


Sistema de transporte			
			
Elemento	Nº	Operación tecnológica	Tiempo (h)
Perfil transportador	178	Toma de medidas	0,5
	179	Trazado	1
	180	Corte	2

Tabla 35. (Continuación)

	181	Barolado	3
	182	Taladrado	1,5
	183	Limado	0,5
	184	Lijado	0,25
	185	Limpieza	0,25
Soporte base transportador	186	Trazado	0,25
	187	Corte	0,5
	188	Soldado	1
	189	Limpieza escoria	0,5
	190	Pulido	0,5
Eje	191	Trazado	0,1
	192	Corte	0,25
	193	Torneado	0,5
	194	Fresado	1
	195	Pulido	0,25
Separadores	196	Toma de medidas	0,5
	197	Trazado	0,5

Tabla 35. (Continuación)

Separadores	198	Corte	0,5
	199	Torneado	2
	200	Pulido	0,5
Guías ajustables	201	Toma de medidas	0,5
	202	Trazado	1
	203	Corte	1
	204	Torneado	1,5
	205	Fresado	2
	206	Taladrado	1
	207	Limado	0,5
	208	Soldado	1
	209	Limpieza escoria	0,5
	210	Ensamblado	0,5
	211	Pulido	0,5
Barras guías	212	Trazado	0,1
	213	Corte	0,25
	214	Pulido	0,1

Tabla 35. (Continuación)

Soporte barras guías	215	Trazado	0,25
	216	Corte	0,5
	217	Fresado	0,5
	218	Pulido	0,25
Cadena	219	Montaje	0,25
Chumaceras	220	Montaje	0,5
	221	Lubricación	0,25
Motor	222	Montaje	0,5
Soporte motor reductor	223	Toma de medidas	0,5
	224	Trazado	0,25
	225	Corte	1
	226	Soldado	1,5
	227	Limpieza escoria	0,25
	228	Taladrado	0,5
	229	Limado	0,25
	230	Pulido	0,25

Fuente: Autores

#### 4.8.2.5 Construcción tablero de control

Tabla 36. Construcción tablero de control


Tablero de control			
			
Elemento	Nº	Operación tecnológica	Tiempo (h)
Caja	231	Trazado	0,5
	232	Corte	0,5
	233	Lijado	0,1
	234	Barolado	0,5
	235	Taladrado	0,5
	236	Limado	0,25
Estructura soporte caja	237	Toma de medidas	0,5
	238	Trazado	0,5
	239	Corte	1

Tabla 36. (Continuación)

Estructura soporte caja	240	Lijado	0,5
	241	Barolado	1,5
	242	Soldado	1
	243	Limpieza escoria	0,25
	244	Taladrado	0,5
	245	Limado	0,25
	246	Pulido	0,1
Base	247	Toma de medidas	0,25
	248	Trazado	0,25
	249	Corte	0,5
	250	Lijado	0,1
	251	Taladrado	0,5
	252	Limado	0,25
	253	Soldado	0,5
	254	Limpieza escoria	0,25
	255	Pulido	0,1
	256	Ensamblado	0,25

Fuente: Autores



#### 4.8.2.6 Sistema eléctrico

Tabla 37. Implementación sistema eléctrico

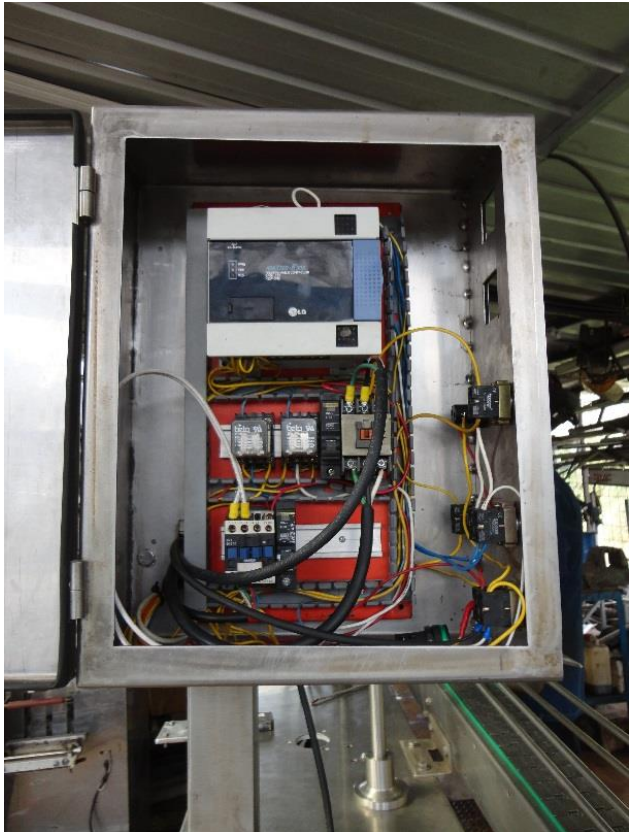
Sistema eléctrico			
			
Elemento	Nº	Operación tecnológica	Tiempo (h)
Circuito de potencia	257	Diseño diagrama de potencia	0,5
	258	Conexión de la fuente	0,25
	259	Conexión de contactor	0,25
Circuito de control	260	Diseño diagrama de potencia	1

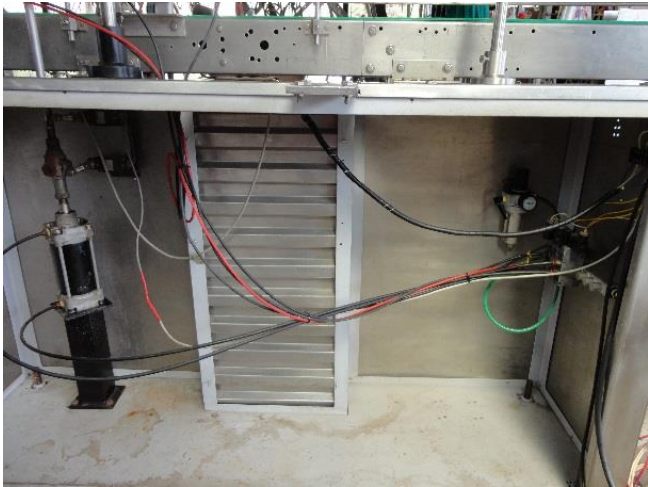
Tabla 37. (Continuación)

	261	Conexión a la fuente	0,5
	262	Conexión al pulsador	0,25
	263	Conexión luz	0,25
Caja de control	264	Montaje	0,5
	265	Circuitos de control y potencia	0,5
Motor	266	Conexión a caja de control	0,25
Sensores fotoeléctricos	267	Montaje	0,5
	268	Conexión a caja de control	0,25
Final de carrera	269	Montaje	0,5
	270	Conexión a caja de control	0,25
Bobinas	271	Ensamblado	0,1
	272	Montaje	0,25
	273	Conexión a caja de control	0,25

Fuente: Autores

#### 4.8.2.7 Sistema neumático

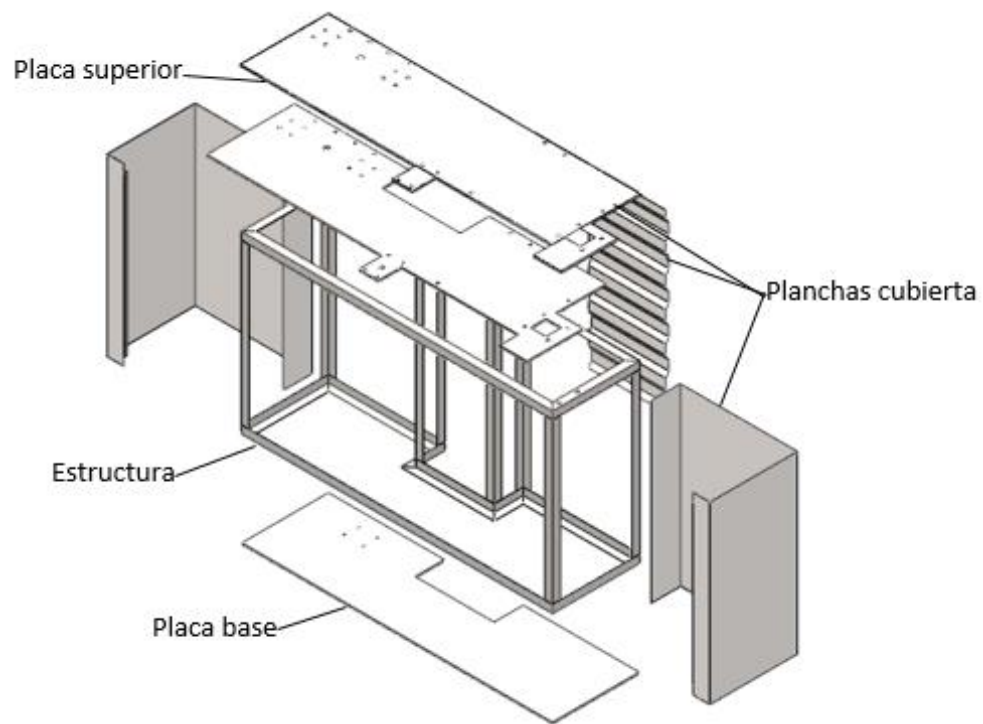
Tabla 38. Implementación sistema neumático

Sistema neumático			
			
Elemento	Nº	Operación tecnológica	Tiempo (h)
Cilindro	274	Revisión	0,25
	275	Ensamblado	0,5
	276	Montaje	0,5
Mini cilindro	277	Ensamblado	0,1
	278	Montaje	0,5
Electroválvulas	279	Ensamblado	0,5
	280	Montaje	0,5

**4.8.3 Flujogramas de construcción.** Estos sirven para mostrar las operaciones tecnológicas a seguir, en forma secuencial para la construcción de la máquina.

**4.8.3.1 Flujograma sistema estructural.** En el siguiente gráfico se presenta los componentes del sistema estructural de la envasadora:

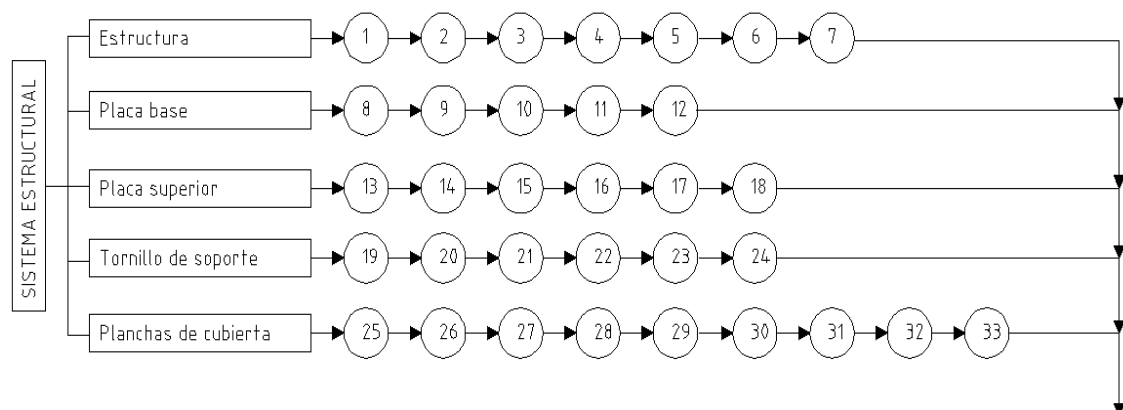
Figura 101. Elementos sistema estructural



Fuente: Autores

A continuación se presenta el flujograma con las operaciones a seguir para la construcción del mismo:

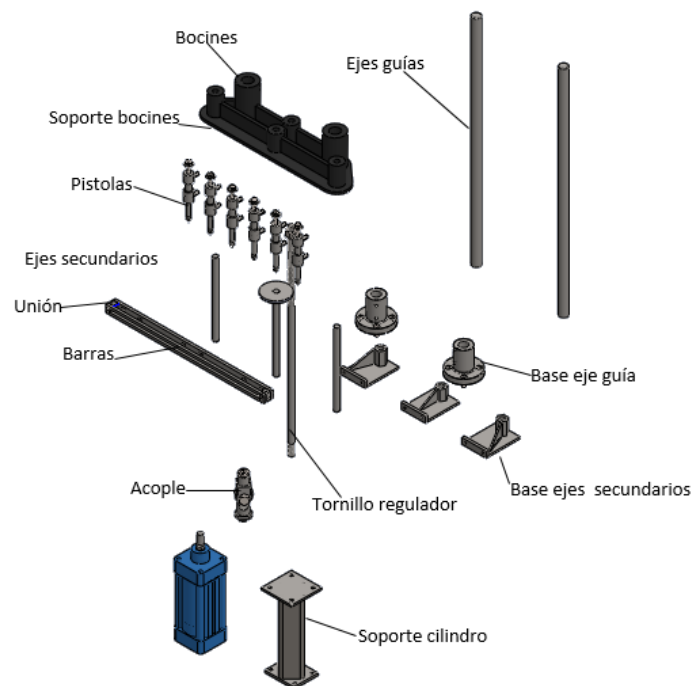
Figura 102. Flujograma sistema estructural



Fuente: Autores

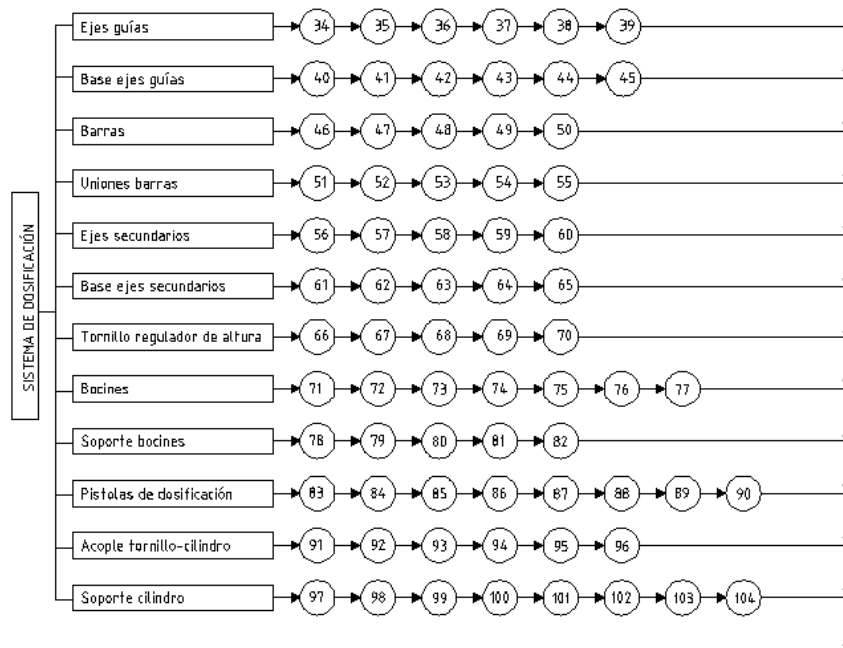
#### 4.8.3.2 Flujograma sistema de dosificación

Figura 103. Elementos sistema de dosificación



Fuente: Autores

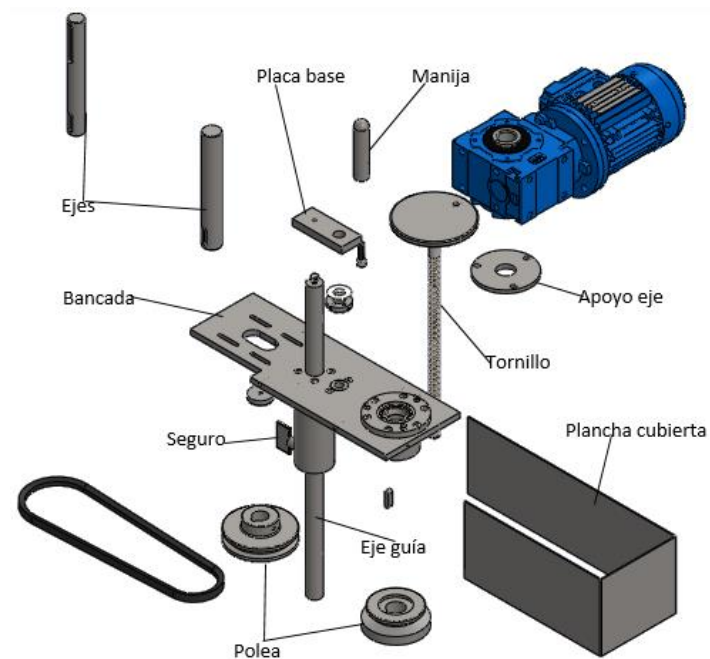
Figura 104. Flujograma sistema de dosificación



Fuente: Autores

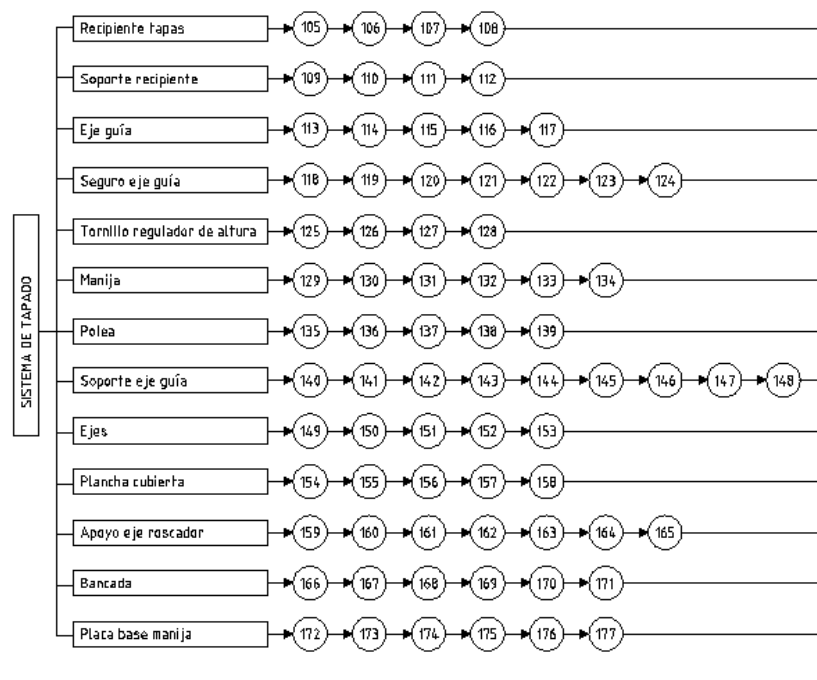
### 4.8.3.3 Flujograma sistema de tapado

Figura 105. Elementos sistema de tapado



Fuente: Autores

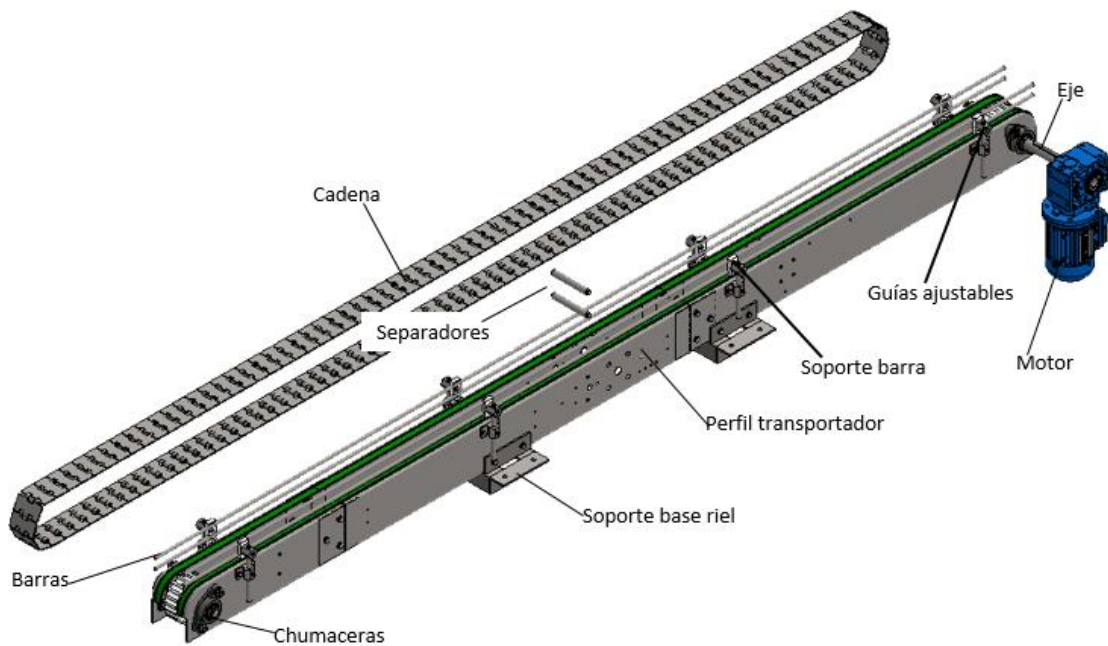
Figura 106. Flujograma sistema de tapado



Fuente: Autores

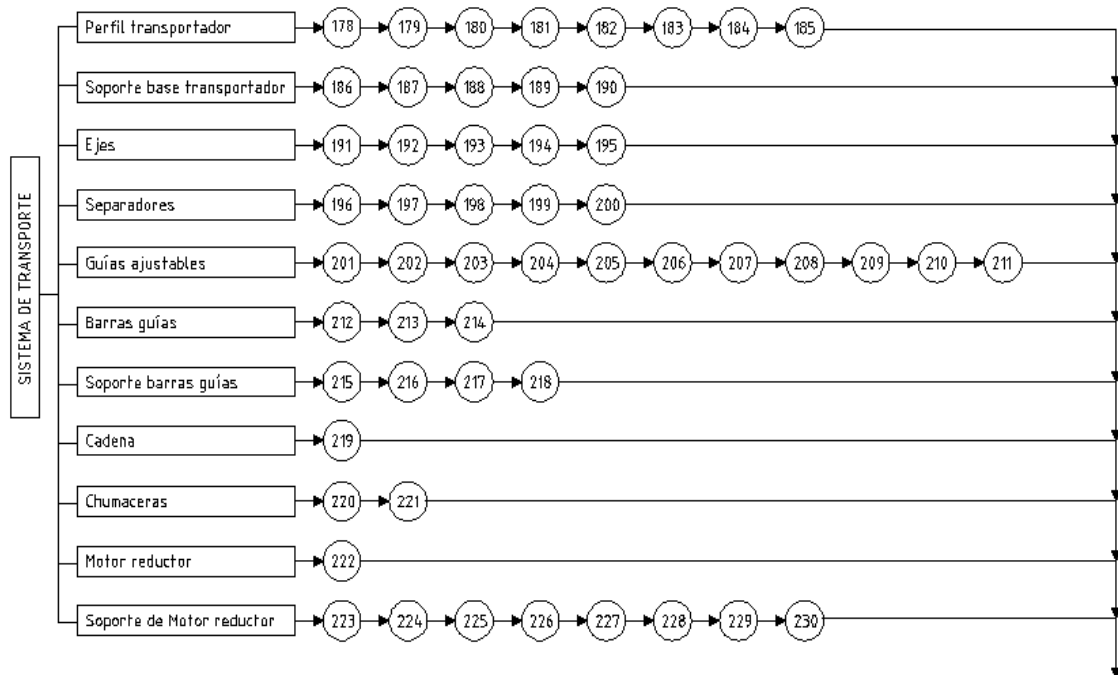
#### 4.8.3.4 Flujograma del sistema de transporte

Figura 107. Elementos sistema de transporte



Fuente: Autores

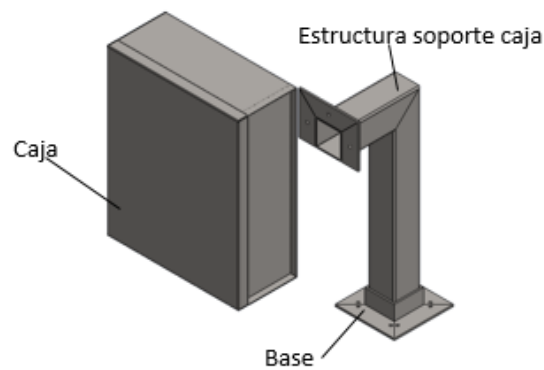
Figura 108. Flujograma sistema de transporte



Fuente: Autores

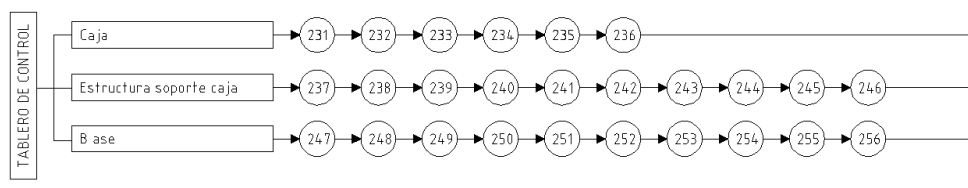
#### 4.8.3.5 Flujograma caja de control

Figura 109. Elementos caja de control



Fuente: Autores

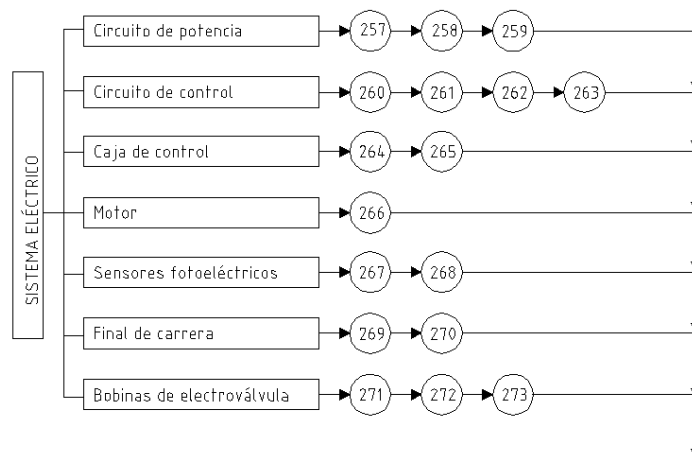
Figura 110. Flujograma sistema de transporte



Fuente: Autores

#### 4.8.3.6 Flujograma sistema eléctrico

Figura 111. Flujograma sistema eléctrico

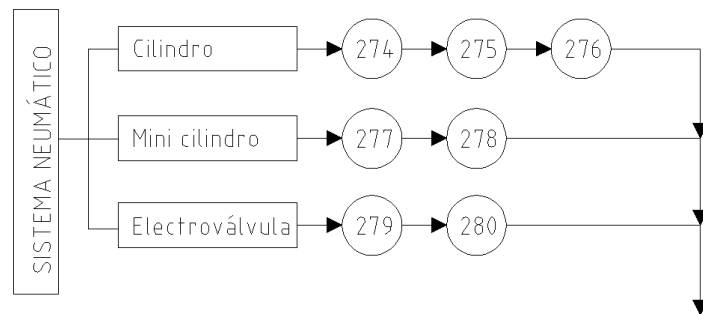


Fuente: Autores



#### 4.8.3.7 Flujograma sistema neumático

Figura 112. Flujograma sistema neumático



Fuente: Autores

#### 4.8.4 Montaje de envasadora

El montaje de la envasadora se lo realiza por sistemas, de esta manera se busca ser más eficiente en este proceso.

##### 4.8.4.1 Montaje sistema estructural

Tabla 39. Montaje sistema estructural

Montaje sistema estructural		
Operación	Símbolo	Tiempo (h)
Traslado de materiales al taller	M1	1
Montaje estructura	M2	0,5
Montaje soporte de tornillo	M3	0,5
Montaje cubierta estructura	M4	2
Ajuste de pernos	M5	0,5

Fuente: Autores

#### 4.8.4.2 Montaje sistema de transporte

Tabla 40. Montaje sistema de transporte

<b>Montaje sistema de transporte</b>		
<b>Operación</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Tiempo (h)</b>
Traslado de elementos al taller	M6	1
Montaje perfiles transportador	M7	2
Montaje separadores	M8	0,5
Montaje soporte perfiles	M9	0,25
Montaje ejes	M10	0,25
Montaje piñones	M11	0,25
Montaje chumaceras	M12	0,5
Montaje soporte motor	M13	0,25
Montaje motor	M14	0,25
Montaje guías de desgaste	M15	0,5
Montaje cadena REXNORD	M16	0,5
Montaje guías ajustables	M17	1

Tabla 40. (Continuación)

Montaje mini cilindros	M18	0,5
Ajuste pernos	M19	1
<b>Subtotal</b>		<b>8,75</b>

Fuente: Autores

#### 4.8.4.3 Montaje sistema de dosificación

Tabla 41. Montaje sistema de dosificación

<b>Montaje sistema de dosificado</b>		
<b>Operación</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Tiempo (h)</b>
Traslado de elementos al taller	M20	0,5
Montaje bases ejes guías	M21	0,25
Montaje ejes guías	M22	0,25
Montaje pedestal	M23	0,5
Montaje base y ejes secundarios	M24	0,5
Montaje barras	M25	0,25
Montaje pistolas de dosificación	M26	0,25
montaje tornillo regulador	M27	0,25
Montaje soporte cilindro	M28	0,25

Tabla 41. (Continuación)

Montaje cilindro	M29	0,25
Ajuste pernos	M30	0,5
<b>Subtotal</b>		<b>3,75</b>

Fuente: Autores

#### 4.8.4.4 Montaje sistema de tapado

Tabla 42. Montaje sistema de tapado

<b>Montaje sistema de tapado</b>		
<b>Operación</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Tiempo (h)</b>
Traslado de elementos al taller	M31	0,5
Montaje recipiente de tapas	M32	0,5
Montaje eje guía	M33	0,25
Montaje tornillo	M34	0,25
Montaje manija	M35	0,1
Montaje bancada	M36	0,5
Montaje ejes	M37	0,25
Montaje poleas	M38	0,1
Montaje motor	M39	0,25

Tabla 42. (Continuación)

Montaje correa	M40	0,1
Ajuste pernos	M41	0,25
<b>Subtotal</b>		<b>3,05</b>

Fuente: Autores

#### 4.8.4.5 Montaje automatización

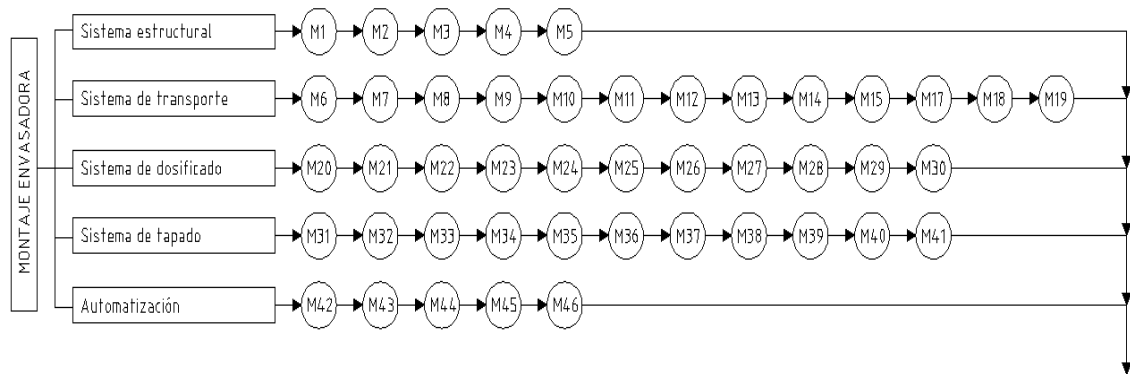
Tabla 43. Montaje automatización

<b>Montaje automatización</b>		
<b>Operación</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Tiempo (h)</b>
Traslado de elementos al taller	M42	1
Montaje circuito de potencia	M43	0,5
Montaje circuito de control	M44	0,5
Montaje caja de control	M45	0,5
Ajuste de pernos	M46	0,5
<b>Subtotal</b>		<b>3</b>

Fuente: Autores

#### 4.8.5 Flujograma de montaje de la envasadora

Figura 113. Flujograma de montaje envasadora



Fuente: Autores

#### 4.8.6 Tiempo total construcción y montaje.

Tabla 44. Tiempo total construcción y montaje

Tiempo de construcción envasadora	180,05
Tiempo de montaje envasadora	23,05
Tiempo total	203,1

Fuente: Autores

La construcción y montaje de la envasadora se realizó en 203 horas que equivale a 50 días laborables, tomando en cuenta 4 horas de trabajo.

## CAPÍTULO V

### 5. ANÁLISIS DE COSTOS Y PRUEBAS DEL EQUIPO

#### 5.1 Análisis de costo

Para el análisis de costo del equipo se va a tomar en cuenta los costos directos e indirectos, que nos ayudarán a determinar el valor de la inversión en el diseño y construcción del equipo.

**5.1.1 Costos directos.** Los parámetros tomados en cuenta para el análisis de costos directos son los siguientes:

- Materiales y accesorios.
- Mano de obra.
- Equipos y herramientas.
- Transporte.

**5.1.1.1 Materiales y accesorios.** Para determinar el costo total por materiales se toma en cuenta los materiales utilizados en los diferentes sistemas de la máquina, detallados en las siguientes tablas.

Tabla 45. Costos accesorios mecánicos estructura

Accesorios mecánicos					
Nº piezas	Detalle	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
1	Plancha de acero inoxidable AISI 304-2B 1740x570x2mm	m <sup>2</sup>	1,62	33,5	54,27
2	Plancha de acero inoxidable AISI 304-2B 1312x900x2mm	m <sup>2</sup>	2,37	33,5	158,8

Tabla 45. (Continuación)

1	Plancha de acero inoxidable AISI 304-2B 900x400x2mm	m <sup>2</sup>	0,76	33,5	25,46
1	Plancha de acero inoxidable AISI 304-2B 1600x445x2mm	m <sup>2</sup>	1,33	33,5	44,56
2	Perfil L de acero inoxidable AISI 304 40x40x1660x3mm	m	1,66	19,58	65,01
4	Perfil L de acero inoxidable AISI 304 40x40x450x3mm	m	0,45	19,58	35,24
2	Perfil L de acero inoxidable AISI 304 40x40x480x3mm	m	0,48	19,58	18,8
2	Perfil L de acero inoxidable AISI 304 40x40x600x3mm	m	0,6	19,58	23,5
4	Perfil L de acero inoxidable AISI 304 40x40x150x3mm	m	0,15	19,58	11,75
8	Perfil L de acero inoxidable AISI 304 40x40x820x3mm	m	0,82	19,58	128,4
1	Placa de acero inoxidable AISI 304 1740x570x10mm	m <sup>2</sup>	1,62	340	550,8
1	Placa de acero inoxidable AISI 304 1600x445x10mm	m <sup>2</sup>	1,33	340	452,2
25	Pernos cabeza hexagonal AISI 304, Ø 1/4x3/4	U	1	0,18	4,5



Tabla 45. (Continuación)

25	Tuerca hexagonal AISI 304, Ø 1/4x7/16	U	1	0,12	3
25	Arandela plana inoxidable Ø 1/4 in	U	1	0,08	2
				Total	1578

Fuente: Autores

Tabla 46. Costos accesorios mecánicos sistema de dosificación

Accesorios mecánicos					
Nº piezas	Detalle	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
2	Eje de acero inoxidable AISI 304, Ø 1 in x 900 mm	kg	5,64	6	67,68
3	Eje de acero inoxidable AISI 304, Ø 3/4 in x 300 mm	kg	1	6	18
2	Eje de acero inoxidable AISI 304, Ø 80 x 120 mm	kg	3	6	36
2	Eje de acero inoxidable AISI 304, Ø 50 x 80 mm	kg	2	6	24
2	Eje de acero inoxidable AISI 304, Ø 50 x 60 mm	kg	1,5	6	18

Tabla 46. (Continuación)

1	Eje de acero inoxidable AISI 304, Ø 20 x 820 mm	kg	1	6	6
2	Eje de acero inoxidable AISI 304, Ø 60 x 80 mm	kg	2	6	24
2	Eje de acero inoxidable AISI 304, Ø 120 x 20 mm	kg	1	6	12
3	Eje de acero inoxidable AISI 304, Ø 30 x 50 mm	kg	0,05	6	0,9
2	Placa de acero inoxidable AISI 304, 200x50x10 mm	m <sup>2</sup>	0,01	340	6,8
2	Placa de acero inoxidable AISI 304, 150x50x10 mm	m <sup>2</sup>	0,01	340	6,8
2	Placa de acero inoxidable AISI 304, 30x50x10 mm	m <sup>2</sup>	0,005	340	3,4
1	Placa de acero inoxidable AISI 304, 560x160x10 mm	m <sup>2</sup>	0,08	340	27,2
3	Placa de acero inoxidable AISI 304, 130x100x10 mm	m <sup>2</sup>	0,013	340	13,26
3	Placa de acero inoxidable AISI 304, 80x50x10 mm	m <sup>2</sup>	0,004	340	4,08
3	Placa de acero inoxidable AISI 304, 100x30x10 mm	m <sup>2</sup>	0,03	340	30,6

Tabla 46. (Continuación)

3	Placa de acero inoxidable AISI 304, 20x30x10 mm	m <sup>2</sup>	0,006	340	6,12
2	Placa de acero inoxidable AISI 304, 650x30x10 mm	m <sup>2</sup>	0,02	340	13,6
1	Tubo cuadrado de acero inoxidable AISI 305x 75x4mm	m	0,3	23,5	7,05
2	Placa de acero inoxidable AISI 304, 125x125x10 mm	m <sup>2</sup>	0,02	340	13,6
6	Pistolas de dosificación mecánicas	U	1		0
6	Pernos cabeza hexagonal AISI 304, Ø 17mm	U	1	0,75	4,5
8	Pernos cabeza hexagonal AISI 304, Ø 10,5mm	U	1	0,27	2,16
3	Tuerca de acero inoxidable AISI 304, Ø 20mm	U	1	0,48	1,44
1	Arandela plana de acero inoxidable M20	U	1	0,5	0,5
6	Arandela plana de acero inoxidable M20	U	1	0,1	0,6
6	Tornillo avellanado con agujero hexagonal Ø 10mm	U	1	0,25	1,5

Tabla 46. (Continuación)

4	Tornillo cilíndrico con agujero hexagonal Ø 10mm	U	1	0,26	1,04
8	Tornillo cilíndrico con agujero hexagonal Ø 20mm	U	1	0,6	4,8
				Total	355,6

Fuente: Autores

Tabla 47. Costos accesorios mecánicos sistema de transporte

Nº piezas	Detalle	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
2	Plancha de acero inoxidable AISI 304, 590x200x2 mm	m <sup>2</sup>	0,22	33,5	14,74
2	Plancha de acero inoxidable AISI 304, 1250x200x2 mm	m <sup>2</sup>	0,54	33,5	36,18
2	Plancha de acero inoxidable AISI 304, 1400x200x2 mm	m <sup>2</sup>	0,56	33,5	37,52
6	Perfil L de acero inoxidable AISI 304 50x50x160x10mm	m	0,16	19,58	18,80
4	Perfil L de acero inoxidable AISI 304 50x50x150x10mm	m	0,15	19,58	11,75
1	Placa de acero inoxidable AISI 304, 60x30x10 mm	m <sup>2</sup>	0,02	340	6,8

Tabla 47. (Continuación)

1	Eje de acero inoxidable AISI 304, Ø 1 in x 330 mm	kg	1,5	6	9
1	Eje de acero inoxidable AISI 304, Ø 1 in x 200 mm	kg	1	6	6
8	Eje de acero inoxidable AISI 304, Ø 1/2 in x 140 mm	kg	1	6	48
16	Eje de acero inoxidable AISI 304, Ø 30x30 mm	kg	1	6	96
4	Eje de acero inoxidable AISI 304, Ø 10x300 mm	kg	2,7	6	64,8
12	Pernos cabeza hexagonal AISI 304, Ø 17mm	U	1	0,75	9
16	Pernos cabeza hexagonal AISI 304, Ø 5mm	U	1	0,35	5,6
8	Pernos cabeza hexagonal AISI 304, Ø 12mm	U	1	0,55	4,4
20	Pernos cabeza hexagonal AISI 304, Ø 10mm	U	1	0,27	5,4
4	Pernos cabeza hexagonal AISI 304, Ø 8mm	U	1	0,17	0,68
12	Tuerca de acero inoxidable AISI 304, Ø 17mm	U	1	0,4	4,8

Tabla 47. (Continuación)

16	Tuerca de acero inoxidable AISI 304, Ø 5mm	U	1	0,1	1,6
8	Tuerca de acero inoxidable AISI 304, Ø 12mm	U	1	0,32	2,56
20	Tuerca de acero inoxidable AISI 304, Ø 10mm	U	1	0,18	3,6
16	Arandela plana de acero inoxidable M6	U	1	0,16	2,56
8	Arandela plana de acero inoxidable M12	U	1	0,2	1,6
20	Arandela plana de acero inoxidable M10	U	1	0,1	2
4	Arandela plana de acero inoxidable M8	U	1	0,1	0,4
16	Prisioneros de acero inoxidable AISI 304, Ø 1/4 in	U	1	0,4	6,4
8	Placas de nylon blanco 1x2 in	kg	0,02	1,5	0,24
4	Chumaceras tipo pared de fundición gris	U	1	12,5	50
2	Piñones de teflón Ø 64,5 mm	kg	0,7	10	14
1	Cadena Rexnord Table Top de acero inoxidable	kg	1	800	800

Tabla 47. (Continuación)

2	Guía de desgaste	U	1	45	90
				Total	1354,4

Fuente: Autores

Tabla 48. Costos accesorios mecánicos sistema de roscado

Nº piezas	Detalle	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
1	Eje de acero inoxidable AISI 304, Ø 220x50 mm	kg	4	6	24
1	Eje de acero inoxidable AISI 304, Ø 220x50 mm	kg	3	6	18
1	Eje de acero inoxidable AISI 304, Ø 200x70 mm	kg	4,6	6	27,6
2	Eje de acero inoxidable AISI 304, Ø 200x12mm	kg	1,9	6	22,8
1	Eje de acero inoxidable AISI 304, Ø 60x150mm	kg	3,7	6	22,2
1	Eje de acero inoxidable AISI 304, Ø 30x50mm	kg	0,5	6	3
1	Eje de acero inoxidable AISI 304, Ø 30x75mm	kg	0,4	6	2,4
1	Eje de acero inoxidable AISI 304, Ø 1 inx75mm	kg	2,5	6	15

Tabla 48. (Continuación)

1	Barra roscada de acero inoxidable 304, Ø 1 inx2,5in	U	1	21,79	21,79
1	Placa de acero inoxidable AISI 304, 40x25x12 mm	m^2	0,01	350	3,5
1	Placa de acero inoxidable AISI 304, 420x150x12 mm	m^2	0,13	350	45,5
1	Placa de acero inoxidable AISI 304, 45x25x3 mm	m^2	0,005	350	1,75
1	Plancha de acero inoxidable AISI 304 821x135x2mm	m^2	0,22	33,5	7,37
20	Pernos cabeza hexagonal AISI 304, Ø 5/16x1"	U	1	0,21	4,2
10	Pernos cabeza hexagonal AISI 304, Ø 3/8x1"	U	1	0,33	3,3
5	Pernos cabeza hexagonal AISI 304, Ø 3/8x1/2"	U	1	0,36	1,8
5	Pernos cabeza hexagonal AISI 304, Ø 3/8x1/2"	U	1	0,47	2,35
4	Tuerca de acero inoxidable AISI 304, Ø 18mm	U	1	0,12	0,48
5	Arandela plana de acero inoxidable 3/8"	U	1	0,16	0,8



Tabla 48. (Continuación)

5	Arandela presión de acero inoxidable 3/8"	U	1	0,06	0,3
				Total	228,14

Fuente: Autores

Tabla 49. Costos accesorios mecánicos caja de control

Nº piezas	Detalle	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
1	Plancha de acero inoxidable AISI 304 1290x580x2mm	m <sup>2</sup>	0,75	33,5	25,13
1	Plancha de acero inoxidable AISI 304 455x580x2mm	m <sup>2</sup>	0,5	33,5	16,75
1	Plancha de acero inoxidable AISI 304 500x150x2mm	m <sup>2</sup>	0,14	33,5	4,69
4	Plancha de acero inoxidable AISI 304 580x70x2mm	m <sup>2</sup>	0,04	33,5	5,36
4	Plancha de acero inoxidable AISI 304 240x70x2mm	m <sup>2</sup>	0,02	33,5	2,68
8	Plancha de acero inoxidable AISI 304 180x45x2mm	m <sup>2</sup>	0,006	33,5	1,61
8	Plancha de acero inoxidable AISI 304 90x45x2mm	m <sup>2</sup>	0,004	33,5	1,07

Tabla 49. (Continuación)

2	Perfil L de acero inoxidable AISI 304 50x50x400x10mm	m	0,4	19,8	15,84
1	recipiente de acero inoxidable de 400x400 mm	U	1	20	20
7	Pernos cabeza hexagonal AISI 304, Ø 12mm	U	1	0,55	3,85
7	Arandela plana de acero inoxidable M12	U	1	0,2	1,4
				Total	98,38

Fuente: Autores

Tabla 50. Costos accesorios eléctricos y neumáticos

Accesorios eléctricos y neumáticos					
Nº piezas	Detalle	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
1	PLC LG Master K-30S	U	1	170	170
1	Contactor de potencia	U	1	30,1	30,1
3	Válvula distribuidora	U	1	60	180
1	Unidad de mantenimiento	U	1	75	75
1	Cables de conexión	m	10	2	20

Tabla 50. (Continuación)

2	Porta relés	U	1	6,4	12,8
3	Selector 2 posiciones	U	1	3,3	9,9
1	Bornera de 6 posiciones	U	1	2	2
2	Relay	U	1	18	36
1	fusible	U	1	0,5	0,5
1	Pulsador	U	1	1,5	1,5
1	Acople cilindro	U	1	10	10
1	Cilindro Neumático MiCRO	U	1	200	200
2	Mini cilindro FESTO	U	1	100	200
10	Conector rápido recto	U	1	2	20
3	Racor recto de bronce	U	1	2	6
1	Te de caucho	U	1	3	3
1	Tubo de poliuretano	m	10	2	20
2	Sensores fotoeléctricos	U	1	50	100
1	Motor reductor 1/2 HP-38 rpm	U	1	450	450

Tabla 50. (Continuación)

1	Motor reductor 1/4 HP y 180 rpm	U	1	350	350
1	Cadena DAYCO	U	1	13	13
				Total	1910

Fuente: Autores

**5.1.1.2 Costo mano de obra.** El cálculo del costo de la mano de obra se toma en cuenta el salario real por hora de trabajo, y las horas que se empleó para la construcción de la máquina.

Tabla 51. Costo de mano de obra

Descripción	Salario real/hora	Horas-hombre	Valor
Tornero	3,5	100	350
Soldador	3,5	40	140
Electricista	3,5	10	35
Maestro mecánico	3	90	270
Ayudante	2,5	80	200
		Total	995

Fuente: Autores

### 5.1.1.3 Costos de equipos y herramientas utilizadas

Tabla 52. Costos de equipos y herramientas

Descripción	Costo/hora	Horas equipo	Valor
Soldadora de alta frecuencia TIG	4,25	50	212,5
Torno	1,35	100	135
Cortadora	1,2	10	12
Dobladora Manual	1,75	3	5,25
Prensa de banco	0,85	5	4,25
Taladro de pedestal	1,75	20	35
Taladro manual	1,31	10	13,1
Fresadora	1,4	30	42
Esmeril	1,08	5	5,4
Amoladora	1,22	5	6,1
Machuelos	0,85	8	6,8
Juego de llaves	0,9	20	18
Herramientas menores	1,08	120	129,6
		Total	625

Fuente: Autores

#### 5.1.1.4 Costo por transporte

Tabla 53. Costo por transporte

Descripción	Precio por horas	Horas	Valor
Transporte de materiales a la obra	3	20	60
Transporte de la máquina	5	4	20
Otros	2	8	16
Total			96

Fuente: Autores

#### 5.1.1.5 Costos totales directos

Tabla 54. Costos totales directos

Detalle	Valor
Costo de materiales y accesorios	5524,68
Costo de mano de obra	995
Costo de maquinaria y herramientas	625
Costo de transporte	96
TOTAL	7240,68

Fuente: Autores

### 5.1.2 Costos indirectos

Tabla 55. Costos indirectos

Detalle	Cantidad	Valor
Diseño y supervisión	15%	1086,10
Imprevistos	5%	362,03
	Total	1448,13

Fuente: Autores

### 5.1.3 Costo total equipo

Tabla 56. Costo total equipo

Costos directos	7240,68
Costos indirectos	1448,14
Total	8688,82

Fuente: Autores

**5.1.4 Costos por operación y mantenimiento.** En este rubro se toma en cuenta los gastos necesarios para el funcionamiento adecuado de la máquina.

Tabla 57. Costo por operación y mantenimiento

Detalle	Valor
Consumo eléctrico	20
Operario	367,84
Grasa y aceite	8

Tabla 57. (Continuación)

Materiales de limpieza	10
<b>Total gasto mensual</b>	405,84

Fuente: Autores

Los valores mensuales para la operación y mantenimiento del equipo es de: \$405,85 y un valor anual de \$ 4870,08.

**5.1.5 Análisis del punto de equilibrio.** Para el análisis del punto de equilibrio es necesario tener en cuenta los costos tanto fijos como variables y los ingresos que corresponder a la venta del producto.

Tabla 58. Costos fijos y variables

<b>Concepto</b>	<b>Costos fijos</b>	<b>Costos variables</b>
Consumo eléctrico		240
Operario	4414,08	
Depreciación	781,99	
Materiales de limpieza		120
<b>TOTAL</b>	5196,07	360

Fuente: Autores

Para realizar el cálculo del punto de equilibrio es necesario realizar el cálculo del salvamento, depreciación del equipo y producción mínima mensual.

**5.1.5.1 Salvamento del equipo.** Para ver si el equipo es rentable o no, se hace necesario un cálculo de salvamento de la envasadora al momento de terminar su vida legal, estimándose un valor de salvamento del 10% del costo de inversión, de acuerdo a la siguiente ecuación tenemos:



$$S = 10\% \times P \quad (61)$$

Dónde:

$$P = \text{Inversión} = \$ 8688,816$$

$$S = 10\% \times 8688,816$$

$$S = \$ 868,88$$

**5.1.5.2 Depreciación del equipo.** La depreciación del equipo es el valor que va decreciendo a medida que pasas el tiempo en los activos fijos, de acuerdo a las leyes tributarias de nuestro país para maquinarias y equipos la vida legal es de 10 años, la cual se obtiene de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$D_a = \frac{P - s}{n} \quad (62)$$

Dónde:

$D_a$  = Depreciación anual.

$P$  = Inversión.

$s$  = Salvamento.

$n$  = Vida útil.

$$D_a = \frac{8688,816 - 868,88}{10} = 781,99 \text{ usd}$$

### 5.1.5.3 Producción mínima mensual

Tabla 59. Producción mensual de refrescos

Producción mensual de refrescos	
Número de botellas de 250 ml al día	2160

Tabla 59. (Continuación)

Número de botellas de 500 ml al día	2880
Días laborables	30
Producción mensual (botellas 250 ml/mes)	64800
Producción mensual (botellas 500 ml/mes)	64800
Costo por botella 250 ml	0,2
Costo por botella 500 ml	0,36
Ingreso mensual	36288
Ingreso anual	435456

Fuente: Autores

Aplicando las fórmulas del punto de equilibrio obtenemos:

$$PE(\$) = \frac{\text{Costo fijo}}{1 - \frac{\text{Costo variable}}{\text{Costo total ingreso}}} \quad (63)$$

$$PE(\$) = \frac{5196,07}{1 - \frac{360}{435456}} = 5200,37 \text{ USD}$$

El ingreso promedio se calcula a una razón promedio de 0,29 USD por botellas, entonces la cantidad de botellas que deben ser producidas para llegar al punto de equilibrio son:

$$PE = \frac{PE(\$)}{0,29 \frac{\text{USD}}{\text{botella}}} \quad (64)$$

$$PE = \frac{5200,37 \text{ USD}}{0,29 \frac{\text{USD}}{\text{botella}}} = 17\,932,31 \text{ botella}$$

## 5.2 Pruebas del equipo

El protocolo de pruebas es un documento en el cual se describe los procedimientos a seguir para la realización de las diversas pruebas necesarias para la determinación del correcto funcionamiento del equipo.

El protocolo de pruebas consta de una serie de pruebas realizadas con los envases de 250 ml y 500 ml teniendo como finalidad el corroborar la adecuada operación de cada una de las etapas necesarias para el proceso de envasado, o a su vez nos indicará cualquier desperfecto o falla a modo de corregirlo inmediatamente según los parámetros de funcionamiento preestablecidos.

### 5.2.1 Colocación de los envases bajo el cabezal de roscado

Tabla 60. Ensayo 1

<b>NOMBRE DEL PROCESO: ENSAYO 1</b>
<p><b>Objetivo de las pruebas</b></p> <p>Comprobar de acuerdo a las especificaciones técnicas de los sistemas los aspectos correspondientes: Verificar el correcto ingreso y salida de los seis envases a la etapa de dosificado.</p>
<p><b>Conjunto de actividades para el protocolo de pruebas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verificar que el suministro de energía eléctrica y neumática sea el correcto.</li> <li>▪ Verificar que el PLC este en modo RUN.</li> <li>▪ Verificar que los envases se encuentren colocados adecuadamente en la banda transportadora.</li> </ul>

Tabla 60. (Continuación)

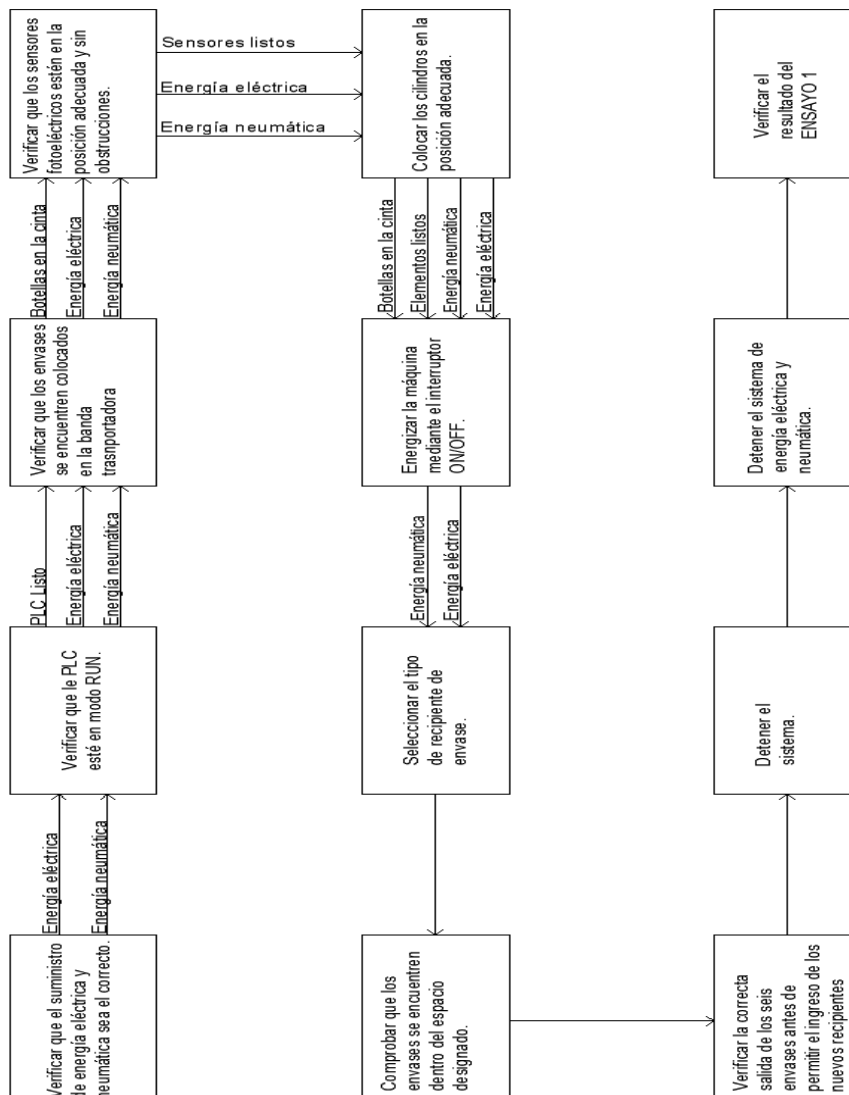
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verificar que los sensores fotoeléctricos de entrada y salida se encuentren en la posición correcta y no se encuentren obstruidos.</li> <li>▪ Colocar los cilindros de entrada y salida en las posiciones adecuadas.</li> <li>▪ Energizar la máquina mediante el interruptor ON/OFF.</li> <li>▪ Seleccionar el tipo de recipiente mediante el interruptor de tres posiciones para de esta manera poner en marcha el equipo.</li> <li>▪ Comprobar que los seis envases se encuentren dentro del espacio proporcionado por los dos cilindros.</li> <li>▪ Verificar la correcta salida de los seis envases antes de permitir el ingreso de los nuevos recipientes.</li> <li>▪ Detener el sistema.</li> <li>▪ Detener el suministro de energía eléctrica y neumática.</li> </ul> <p><b>Nota:</b> Si al ingresar las botellas la cantidad de envases es inferior al número requerido, se deberá mover hacia afuera el cilindro de entrada de tal manera que permita un mayor número de elementos. Caso contrario si el número es superior al necesitado se deberá disminuir el espacio entre cilindros recorriéndolos hacia adentro.</p>
<p><b>Entradas</b></p> <p>Energía eléctrica 110V/60Hz</p> <p>Energía neumática.</p> <p>Recipientes de 250 ml y 500ml</p> <p>Sensores fotoeléctricos.</p>

Tabla 60. (Continuación)

Cilindros neumáticos de doble efecto.
<b>Salidas</b>  Transporte de botellas.  Selección de botellas al ingreso.  Evacuación de botellas.

Fuente: Autores

Figura 114. Esquema ensayo 1



Fuente: Autores

### 5.2.2 Verificación de la cantidad de líquido en los envases.

Tabla 61. Ensayo 2

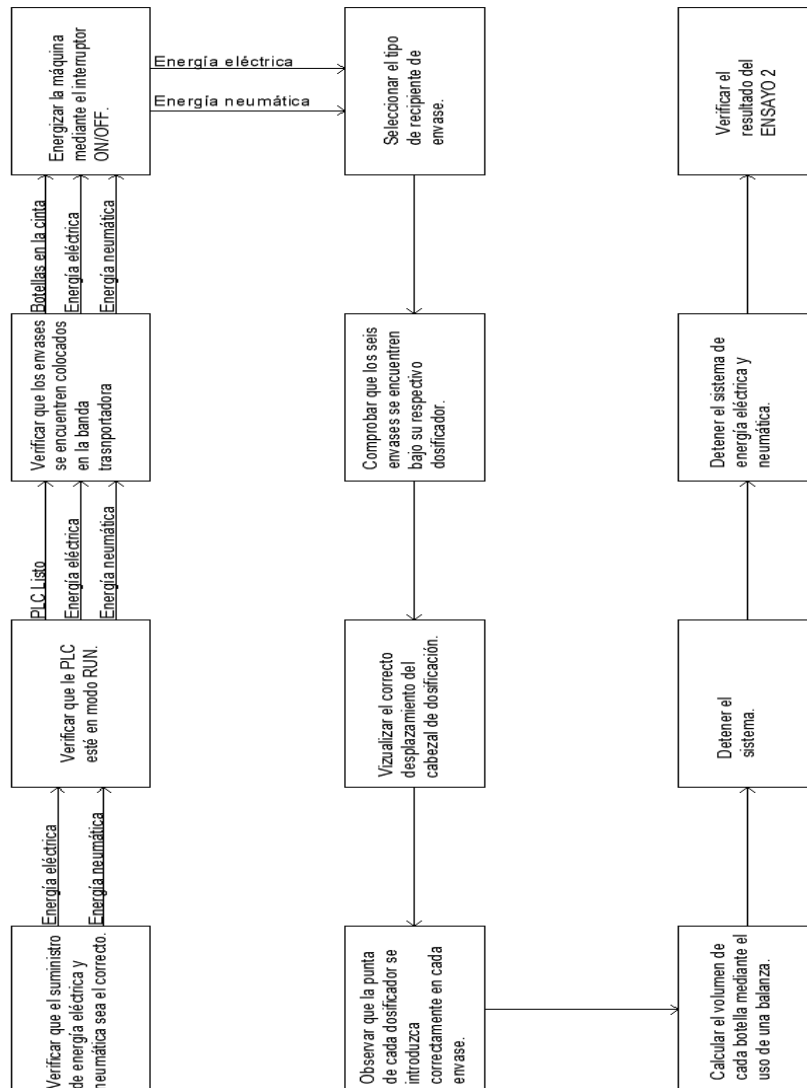
<b>NOMBRE DEL PROCESO:</b> ENSAYO 2
<b>Objetivo de las pruebas</b>  Comprobar de acuerdo a las especificaciones técnicas de los sistemas los aspectos correspondientes: Verificar la cantidad de líquido depositado en cada uno de los seis recipientes.
<b>Conjunto de actividades para el protocolo de pruebas</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Verificar que el suministro de energía eléctrica y neumática sea el correcto.</li><li>▪ Verificar que el PLC este en modo RUN.</li><li>▪ Verificar que los envases se encuentren colocados adecuadamente en la banda transportadora.</li><li>▪ Energizar la máquina mediante el interruptor ON/OFF.</li><li>▪ Seleccionar el tipo de recipiente mediante el interruptor de tres posiciones para de esta manera poner en marcha el equipo.</li><li>▪ Comprobar que los seis envases se encuentren bajo su respectivo dosificador.</li><li>▪ Visualizar el correcto desplazamiento del cabezal de dosificación.</li><li>▪ Observar que la punta de cada dosificador se introduzca correctamente en cada envase.</li><li>▪ Calcular el volumen de cada botella mediante el uso de una balanza.</li><li>▪ Detener el sistema.</li></ul>

Tabla 61. (Continuación)

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Detener el suministro de energía eléctrica y neumática.</li> </ul> <p><b>Nota:</b> Los pesos referenciales de acuerdo al tamaño del envase serán los siguiente:</p> <p>Envases de 250 ml = 250 gr</p> <p>Envases de 500 ml = 500 gr</p> <p>Si al determinar el peso del líquido en el envase, este es menor al deseado se deberá aumentar el tiempo de llenado hasta lograr la cantidad deseada, por el contrario si el peso del líquido contenido es mayor se deberá reducir el tiempo de llenado, todo esto se lo realizará modificando el programa precargado en el PLC.</p>
<p><b>Entradas</b></p> <p>Energía eléctrica 110V/60Hz</p> <p>Energía neumática.</p> <p>Recipientes de 250 ml y 500ml</p> <p>Cilindro doble efecto de accionamiento del sistema de dosificación.</p> <p>Dosificadores.</p> <p>Transporte de botellas.</p> <p>Balanza.</p>
<p><b>Salidas</b></p> <p>Ubicación de los dosificadores dentro de cada envase.</p> <p>Volumen dentro de cada envase.</p>

Fuente: Autores

Figura 115. Esquema ensayo 2



Fuente: Autores

### 5.2.3 Posicionamiento de los envases bajo el roscador

Tabla 62. Ensayo 3

<b>NOMBRE DEL PROCESO: ENSAYO 3</b>
<p><b>Objetivo de las pruebas</b></p> <p>Comprobar de acuerdo a las especificaciones técnicas de los sistemas los aspectos correspondientes:</p>



Tabla 62. (Continuación)

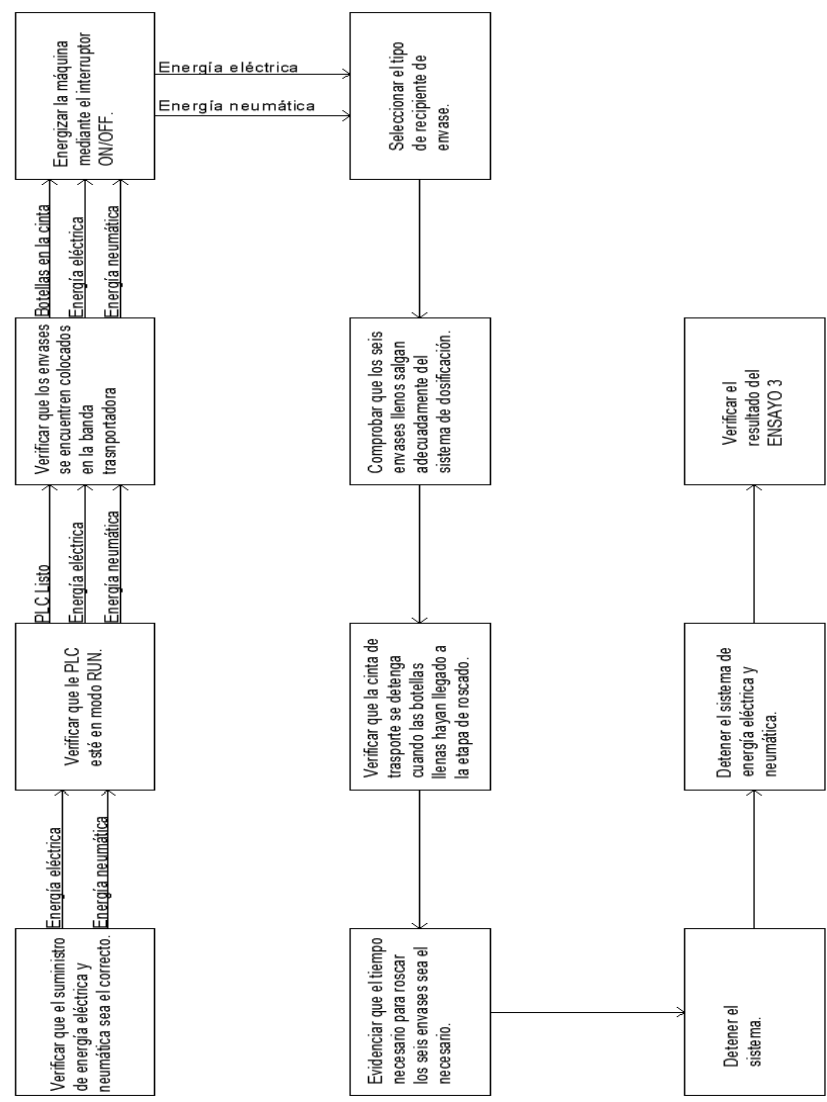
Verificar la adecuada colocación de los envases llenos debajo del roscador.
<p><b>Conjunto de actividades para el protocolo de pruebas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verificar que el suministro de energía eléctrica y neumática sea el correcto.</li> <li>▪ Verificar que el PLC este en modo RUN.</li> <li>▪ Verificar que los envases se encuentren colocados adecuadamente en la banda transportadora.</li> <li>▪ Energizar la máquina mediante el interruptor ON/OFF.</li> <li>▪ Seleccionar el tipo de recipiente mediante el interruptor de tres posiciones para de esta manera poner en marcha el equipo.</li> <li>▪ Comprobar que los seis envases llenos salgan adecuadamente del sistema de dosificación.</li> <li>▪ Verificar que la cinta de transporte se detenga cuando las botellas llenas hayan llegado a la etapa de roscado.</li> <li>▪ Evidenciar que el tiempo necesario para roscar los seis envases sea el necesario antes de que el sistema de transporte se ponga en marcha nuevamente.</li> <li>▪ Detener el sistema.</li> <li>▪ Detener el suministro de energía eléctrica y neumática.</li> </ul>
<p><b>Entradas</b></p> <p>Energía eléctrica 110V/60Hz</p> <p>Energía neumática.</p> <p>Recipientes de 250 ml y 500ml</p> <p>Transporte de botellas.</p> <p>Cronómetro</p>

Tabla 62. (Continuación)

<b>Salidas</b>
Roscador.
Tiempo de roscado.
Envases terminados.

Fuente: Autores

Figura 116. Esquema ensayo 3



Fuente: Autores

**5.2.4 Resultados de los ensayos.** A continuación se puede apreciar los resultados que se ha obtenido mediante la ejecución de los respectivos ensayos.

Tabla 63. Resultados de ensayos

	Cumple	No cumple	Observaciones
Ensayo 1	<b>X</b>		Los envases se colocaron de tal manera que permite una fácil introducción del dosificador en las mismas.
Ensayo 2	<b>X</b>		La diferencia de producto que se obtuvo en los envases de 250 ml bordea los +/- 1,2 ml, y la variación en los envases de 500 ml es de +/- 1,8 ml
Ensayo 3	<b>X</b>		La distancia entre los envases y la boquilla del roscador bordea los 5 cm.

Fuente: Autores

**5.2.5 Verificación de requerimientos.** Se procede a analizar el porcentaje de cumplimiento de los principales requerimientos técnicos del equipo analizados previamente en la casa de la calidad.

Tabla 64. Porcentaje de cumplimiento

	PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO			
	25%	50%	75%	100%
Velocidad de transporte			<b>X</b>	
Velocidad de llenado			<b>X</b>	
Unidades por ciclo				<b>X</b>

Tabla 64. (Continuación)

Cantidad de accesorios				<b>X</b>
Mantenimiento				<b>X</b>
Fiabilidad				<b>X</b>

Total	<b>91,67</b>
-------	--------------

Fuente: Autores

## **CAPÍTULO VI**

### **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1 Conclusiones**

El equipo diseñado satisface los requerimientos específicos del cliente, mismo que verificó personalmente que se cumpla todo lo estipulado en el protocolo de pruebas.

El volumen de producción de los envases de 500 ml se incrementó en un 200%, dado que al realizar de manera manual se lograba producir 6 envases por minuto mientras que con la implementación de la máquina se llega a producir 18 envases por minuto. Por otra parte la producción de refrescos de 250 ml se incrementó en un 140%, es decir, se pasó de producir 10 envases por minuto a 24 envases por minuto.

Gracias a que el proceso de dosificado y roscado se encuentran ubicados uno a continuación de otro, se reduce considerablemente el tiempo que permanecen los refrescos sin cerrar disminuyendo así la posibilidad de contaminación con cualquier microorganismo o elemento extraño.

Dado que el dosificado se encuentra totalmente automatizado, se consiguió reducir considerablemente el desperdicio de refresco al suministrar solo la cantidad exacta.

Para el sistema de sellado se utilizó un mecanismo semi-automático por petición específica del cliente.

Se pudo apreciar los beneficios del diseño concurrente como la facilidad de vinculación entre los requerimientos establecidos por el cliente y las posibles soluciones que brinda el ingeniero.

Al tratarse de un equipo para manejo de alimentos, para los mecanismos que puedan entrar en contacto directo con el producto se debe implementar materiales aprobados para dichos fines tales como el acero AISI 304 y Nylon blanco.

En la etapa del diseño se evidenció la necesidad de contar con las herramientas informáticas adecuadas para el desarrollo y verificación de los diferentes elementos necesarios para la correcta fabricación del producto.

La utilización de un correcto software CAD (Diseño Asistido por Computadora) ofrece grandes beneficios al proceso de diseño encontrándose entre ellas:

- La eventualidad de corregir errores en la fase de diseño.
- Disminución de tiempo frente a las posibles modificaciones que pueden presentar los elementos.
- Gran facilidad al momento de la elaboración de los planos.
- Elevada precisión en los detalles.
- Se puede representar completamente el equipo permitiendo visualizar cada uno de sus detalles.

Por su parte la implementación del software CAE (Ingeniería Asistida por Computadora) permite integrar cada una de las propiedades de los elementos así como las condiciones a las que se encuentran sometidos de tal manera que se pueda establecer cómo se va a comportar cada uno de los elementos obteniéndose múltiples beneficios entre ellos podemos citar los siguientes:

- Se elimina la necesidad de construir varios prototipos.
- Productos previamente verificados permite disminuir los costos de producción.
- Productos con un gran estándar de calidad.

La implementación de un PLC en el equipo tuvo como finalidad reducir la intervención del personal en el proceso productivo, además de garantizar la cantidad deseada de refresco al limitar el acceso de personas no autorizadas al programa de la máquina.

El uso de elementos eléctricos y neumáticos facilita el control y accionamiento de los mecanismos que de otra manera estarían sujetos a elementos mecánicos tales como levas,

engranes y cadenas los cuales poseen mayor índice de desgaste, un mayor espacio para su implementación y un costo de adquisición elevado.

La cantidad de personal que interviene en la producción se ha reducido a un solo operario con los cual se ha bajado los costos de producción y garantiza el cumplimiento de las condiciones sanitarias del producto.

Fue necesario verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los sistemas que conforman el equipo, para de esta manera asegurar su correcto funcionamiento, razón por lo cual resulta imprescindible la implementación de un protocolo de ensayos que cubra los principales aspectos del funcionamiento y necesidades de los mecanismos.

## **6.2 Recomendaciones**

Antes de que la máquina empiece a funcionar revisar que se encuentre conectada correctamente a las fuentes de alimentación de 110V y 220V así también a la red de aire comprimido.

Antes de empezar la producción de refrescos es indispensable leer completamente el manual de operación del equipo, donde se encuentra especificado los pasos a seguir para el manejo adecuado de la envasadora.

Cuando se desee cambiar la producción de un lote de refrescos de 250 ml a otro de 500 ml, se deberá colocar las pistolas de dosificación en la posición correspondiente.

Realizar la limpieza del equipo antes y después de iniciar la producción de refrescos, de acuerdo al manual de operación.

Antes de colocar las tapas en el recipiente se deberá realizar un lavado con agua caliente, para asegurar que se cumplan las condiciones sanitarias.

Para la recolección de refrescos se debe ubicar una mesa al final del transportador.

Ejecutar el mantenimiento de los componentes del equipo de acuerdo a lo estipulado en el plan de mantenimiento.

Accionar el pulsador de emergencia para detener inmediatamente el equipo en caso de presentarse alguna anomalía en el proceso de producción de refrescos.

## BIBLIOGRAFÍA

**ANFABRA. 2011.** *Libro blanco de las bebidas refrescantes*. Madrid : s.n., 2011.

**AQUINO, Miguel. 2012.** *Apuntes de Diseño Mecánico*. Riobamba : s.n., 2012.

**ASTIMEC. ASTIMEC S.A. ASTIMEC S.A.** [En línea] [Citado el: 20 de Noviembre de 2014.] <http://www.astimec.net/>.

**BERNAL, Jairo Chaur. 2004.** *Diseño conceptual de productos asistidos por ordenador. Universidad Politécnica de Cataluña*. [En línea] Diciembre de 2004. [Citado el: 14 de Octubre de 2014.] <http://www.tdx.cat/handle/10803/6837?show=full>.

**DIPAC. Catálogo de acero.** Productos de acero.

**EQUITEK.** [En línea] [Citado el: 2 de Diciembre de 2014.] <http://www.equitek.com.mx/>.

**FAG. CATÁLOGO FAG.** Estados Unidos. Catálogo.

**FEDAN MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS.** Máquina envasadora mini rotativa a pistão. *Fedan máquinas e equipos*. [En línea] [Citado el: 5 de Octubre de 2014.] [http://www.fedanmaquinas.com.br/destaques/img\\_g/23.jpg](http://www.fedanmaquinas.com.br/destaques/img_g/23.jpg).

**GUILLÉN, Salvador Antonio. 1993.** *Introducción a la neumática*. Barcelona : MARCOMBO S.A, 1993. 84-267-0692-4.

**HENDRICKSON, Alan. 2008.** *Mechanical Desing for the Stage*. Nueva Jersey : Focal Press, 2008. 978-0-240-80631-0.

**HENDRICKSON, ALAN. 2008.** *MECHANICAL DESING FOR THE STAGE*. USA : Focal Press, 2008. 978-0-240-80631-0.

**LABARTA, José Luis. 2008.** *Automatismos Industriales*. España : Donostiarra, 2008. 978-84-7063-469-7.

**Micro. Micro Actuadores.**

**MONZÓ, Raúl Solbes.** *Automatismos Industriales*. Valencia : Naul Llibres. 978-84-7642-920-4.

**NISBETT, Richard y BUDYNAS, Keith.** *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Monterrey : Mc Graw Hill. 968-451-607-X.

**Normalización, Instituto Ecuatoriano de. 2008.** *NTE INEN 2 304:2008*. Quito : s.n., 2008. 1.



**NORTON, Robert L. 2003.** CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE EL DISEÑO DE MÁQUINAS. [aut. libro] Apéndices. *CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE EL DISEÑO DE MÁQUINAS*. España : s.n., 2003.

**PEÑA, Joan, y otros. 2003.** *Introducción a los autómatas programables*. Aragón : UOC, 2003. 74-8429-027-1.

**REXNORD.** *Table Top Cadenas*.

**RIBA I., Romeva Carles. 2002.** *Diseño concurrente*. Cataluña : s.n., 2002.

**SERRANO, Nicolás A. 2009.** *Neumática Práctica*. Madrid : Paraninfo S.A, 2009. 978-84-283-3033-6.

**SHIGLEY, Joseph Edward. 1983.** *Diseño en ingeniería mecánica*. Estados Unidos : Mc-Graw Hill, 1983. 968-451-607-X.

**SOLÉ, Antonio Creus. 2012.** *Neumática e Hidráulica*. España : Alfaomega, 2012. 84-267-1420-X.

**Ullman, David G. 2010.** *The mechanical design process*. New York : McGraw-Hill, 2010. ISBN 978-0-07-297574-1.

**VILORIA, José Roldán. 2012.** *Tecnología y circuitos de aplicación neumática, hidráulica y electricidad*. España : Paraninfo, 2012. 978-84.283-3370-2.

**Water, I. i Water. i Water.** [En línea] [Citado el: 5 de Diciembre de 2014.] <http://www.plantas-purificadoras-de-aguas.com.mx/productos/maquinas-llenadoras-de-agua-y-bebidas/maquina-llenadora-de-botellas-pet-1500-2500-botellas-hora/maquina-taponadora-rotativa-para-botella-pet/>.

**WORKERS.** WORKERS Equipo de envasado industrial. *WORKERS Equipo de envasado industrial*. [En línea] [Citado el: 15 de Noviembre de 2014.] <http://www.maquinariaworkers.com/empresa>.

**ZUÑIGA, KENEDY, MICOLTA, MAURICIO y RUIZ, ALEXANDER.** EVOLUCIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN. *Blogger*. [En línea] [Citado el: 1 de Octubre de 2014.] [http://1.bp.blogspot.com/\\_895vPZocokg/SKT0JRchylI/AAAAAAAAAI4/XaSZhFc40g8/s1600-h/esquema+situacion+proceso.bmp](http://1.bp.blogspot.com/_895vPZocokg/SKT0JRchylI/AAAAAAAAAI4/XaSZhFc40g8/s1600-h/esquema+situacion+proceso.bmp).

